



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



VIRGINIO FRANCISCO DE MOURA NETO

ETIQUETA PBE EDIFICA NO CAMPUS CAJAZEIRAS – ESTUDO DE CASO

Cajazeiras
2021

VIRGINIO FRANCISCO DE MOURA NETO

ETIQUETA PBE EDIFICA NO *CAMPUS* CAJAZEIRAS – ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Jailton Ferreira Moreira
Coorientador: Dr. Abinadabe Andrade Silva

IFPB
Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

M929e

Moura Neto, Virginio Francisco de

Etiqueta PBE edifica no Campus Cajazeiras: estudo de caso / Virginio Francisco de Moura Neto; orientador Jailton Ferreira Moreira; coorientador Abinadabe Silva Andrade.- 2020.

73 f.: il.

Orientador: Jailton Ferreira Moreira.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020.

1. Eficiência Energética 2. Etiquetagem de Edificações 3. RTQ-C 4. Edificações públicas I. Título

621.3 (0.067)

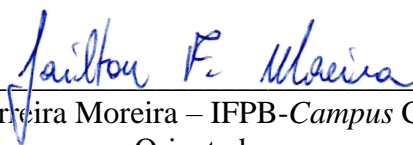
VIRGINIO FRANCISCO DE MOURA NETO

ETIQUETA PBE EDIFICA NO *CAMPUS* CAJAZEIRAS – ESTUDO DE CASO

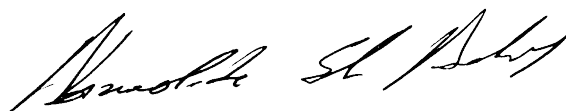
Trabalho de Conclusão de Curso submetido
à Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 15 de fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Jailton Ferreira Moreira – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Abinadabe Andrade Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Coorientador



George da Cruz Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Dedico este trabalho a minha mãe em especial, pelo exemplo de humildade, honestidade e superação em sua vida, e pela dedicação, apoio e incentivo direcionados a mim em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a toda minha família. A minha mãe Rita Maria e meu padrasto Luis Vanderley, por sempre estarem presentes durante minha formação, apoiando e incentivando todas as minhas decisões. A minha irmã Anna Beatriz, por todos os momentos de diversão ao seu lado.

A minha namorada Danyelle Martins, pelo seu suporte durante a realização deste trabalho, e pelo companheirismo nos demais momentos.

Aos meus amigos, Caio, João Victor e Higor, por todas as ajudas prestadas e todos os momentos que passamos juntos.

Aos professores Jailton e Abinadabe, pela dedicação, paciência e compreensão durante a orientação deste trabalho.

Ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras pela oportunidade de realização de trabalhos na área de pesquisa.

Aos colegas do IFPB pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

E a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram no meu desenvolvimento e formação acadêmica.

RESUMO

A busca por soluções que reduzam o consumo de energia, é crescente, apresentando-se também nas edificações, que são responsáveis por cerca de 52% do consumo de energia elétrica no Brasil, nos setores residencial, comercial e público. Assim, o presente trabalho teve como objetivo, classificar a eficiência energética de um prédio público, conforme o Programa Brasileiro de Etiquetagem em edificações, e propor possíveis melhorias para se obter o máximo desempenho energético. O edifício estudado, o Bloco de Engenharia Civil do IFPB *Campus* Cajazeiras, teve os três sistemas, envoltória, iluminação e condicionamento de ar, avaliados individualmente através do método prescritivo do manual RTQ-C. A análise mostrou que o edifício em geral possui classificação energética B, bastando a adoção de medidas de racionalização de água, para se obter uma bonificação e assim atingir a classificação A. Mas para a obtenção do máximo desempenho energético, identificou-se a necessidade de mudanças nas cores das paredes e telhas, substituição da cobertura por telhas com isolamento térmico, e modificação do circuito das luzes a favorecer a iluminação natural, transformando todos os sistemas em nível A.

Palavras-Chave: Eficiência Energética; Etiquetagem de Edificações; RTQ-C; Edificações Públicas;

ABSTRACT

The pursuit for solutions that reduce energy consumption is growing, also appearing in buildings, which are responsible for about 52% of electricity consumption in Brazil, in the residential, commercial, and public sectors. Thus, the present work aimed to classify the energy efficiency of a public building, according to the Brazilian Building Labeling Program, and to propose possible improvements to obtain the maximum energy performance. The studied building, the Civil Engineering Building of the IFPB Campus Cajazeiras, had the three systems, envelope, lighting, and air conditioning, individually evaluated using the prescriptive method of the RTQ-C manual. The analysis showed that the building, in general, has an energy rating B, with the adoption of water consumption rationalization measurements, to obtain a bonus and thus achieve classification A. But to obtain the maximum energy performance, changes in the colors of the walls and tiles, replacement of the roof by tiles with thermal insulation, and modification of the electrical circuit to favor natural light, transforming all systems in level A.

Keywords: Energy Efficiency; Buildings Labeling; RTQ-C; Public Building;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Objetivos de desenvolvimento sustentável.....	17
Figura 02 – Participação setorial no consumo de eletricidade no ano de 2019.....	19
Figura 03 – Exemplo de enee geral e enee parcial.....	20
Figura 04 – Orientação das fachadas da edificação	23
Figura 05 – Configuração do sistema construtivo das paredes	24
Figura 06 – Detalhe da cobertura	25
Figura 07 – Configuração do sistema construtivo da cobertura	25
Figura 08 – Propriedades térmicas da cobertura.....	33
Figura 09 – Propriedades térmicas das paredes	33
Figura 10 – Valores de absorância relacionados as suas cores	34
Figura 11 – Classificação da envoltória através do webprescritivo	37
Figura 12 – Classificação da iluminação através do webprescritivo	41
Figura 13 – Equação geral e descrição de suas variáveis.....	44
Figura 14 – Classificação geral da edificação através do webprescritivo	45
Figura 15 – Exemplo de etiqueta meramente ilustrativa.....	46
Figura 16 – Propriedades térmicas das propostas de melhorias.....	48
Figura 17 – Classificação da envoltória após melhorias	48
Figura 18 – Configuração proposta para o sistema de iluminação.....	49
Figura 19 – Classificação da iluminação após melhorias.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Ambientes e áreas da edificação	22
Tabela 02 – Características do sistema de iluminação por ambiente	26
Tabela 03 – Características do sistema de condicionamento de ar por ambiente	27
Tabela 04 – Níveis de eficiência e seus respectivos equivalentes numéricos	28
Tabela 05 – Comparação entre os limites de transmitância e os valores obtidos para a edificação	34
Tabela 06 – Comparação entre os limites de absortância e o valor obtido para a edificação	35
Tabela 07 – Dados da envoltória da edificação	36
Tabela 08 – Comparação entre o indicador de consumo do edifício e os limites de eficiência	36
Tabela 09 – Resumo da classificação dos pré-requisitos específicos da envoltória	37
Tabela 10 – Cumprimento dos pré-requisitos específicos de iluminação	38
Tabela 11 – Comparação da potência total instalada com a potência limite para cada nível	39
Tabela 12 – Cumprimento dos pré-requisitos específicos de iluminação para os níveis de eficiência	39
Tabela 13 – Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração (água gelada, <i>brine</i> e refrigerante)	42
Tabela 14 – Resumo da classificação dos sistemas avaliados	45
Tabela 15 – Resumo da classificação dos pré-requisitos gerais	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BEN – Balanço Energético Nacional

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética

DPI – Densidade de Potência Instalada

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPS – Poliestireno Expandido

IFPB – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

IN – Instrução Normativa

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LED – Light Emitting Diode

MME – Ministério de Minas e Energia

NBR – Norma Técnica Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RAC – Requisitos de Avaliação de Conformidade

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	16
2.2	CENÁRIO BRASILEIRO	17
2.3	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES	19
3	OBJETO DO ESTUDO DE CASO	22
3.1	LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS	23
3.2	ENVOLTÓRIA.....	23
3.2.1	PAREDES.....	23
3.2.2	COBERTURA	24
3.3	ILUMINAÇÃO.....	26
3.4	CONDICIONAMENTO DE AR	27
4	METODOLOGIA.....	28
4.1	ENVOLTÓRIA.....	28
4.2	ILUMINAÇÃO.....	29
4.3	CONDICIONAMENTO DE AR	29
4.4	BONIFICAÇÕES	30
4.5	PROPOSTAS DE MELHORIA	30
5	AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	31
5.1	PRÉ-REQUISITOS GERAIS	31
5.1.1	CIRCUITOS ELÉTRICOS	31
5.1.2	AQUECIMENTO DE ÁGUA	32

5.2	SISTEMA DE ENVOLTÓRIA	32
5.2.1	PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS	32
5.2.1.1	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U)	32
5.2.1.2	ABSORTÂNCIA TÉRMICA	34
5.2.1.3	ILUMINAÇÃO ZENITAL	35
5.2.2	CLASSIFICAÇÃO	35
5.3	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	38
5.3.1	CLASSIFICAÇÃO	38
5.3.2	PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS	39
5.3.2.1	DIVISÃO DOS CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO	39
5.3.2.2	CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL	40
5.3.2.3	DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DA ILUMINAÇÃO	40
5.4	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	41
5.4.1	CLASSIFICAÇÃO	41
5.4.2	PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS	42
5.4.2.1	ISOLAMENTO TÉRMICO PARA TUBULAÇÕES.....	42
5.5	BONIFICAÇÕES	43
5.6	CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA FINAL	43
6	ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO E PROPOSTAS DE MELHORIAS.....	47
6.1	SISTEMA DE ENVOLTÓRIA	47
6.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	49
6.3	BONIFICAÇÕES	50
7	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A – CÁLCULO DO ÍNDICE DE CONSUMO DA ENVOLTÓRIA	56
	APÊNDICE B – CÁLCULOS DAS ÁREAS ÚTEIS E PONTUAÇÃO TOTAL	68
	APÊNDICE C – CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA	70

ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO DO BLOCO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS CAJAZEIRAS	72
ANEXO B – PROJETO ELÉTRICO DO BLOCO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS CAJAZEIRAS	76
ANEXO C – MEMORIAL DESCRITIVO DO BLOCO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS CAJAZEIRAS	78

1 INTRODUÇÃO

O termo “eficiência energética” tem ganhado destaque nos últimos anos. A busca por soluções que extraiam a melhor forma de se utilizar as fontes de energia para se obter um determinado resultado, tem ocasionado discussões e maior atenção dos consumidores.

No Brasil, esse destaque se deu principalmente pela criação da Lei de Eficiência Energética, Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 (Brasil, 2001).

Concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a Lei estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional. (PROCEL, 2015, p. 53).

Para promover o uso eficiente de energia foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil. Este programa fornece informações sobre o desempenho dos produtos, que poderão influenciar na escolha do consumidor, tomando uma decisão de compra mais consciente, assim estimulando a competitividade da indústria e fabricação de produtos cada vez mais energeticamente eficientes.

Com a demanda crescente de edificações que atinjam um desempenho desejado consumindo menos energia, observa-se a importância de se ter engenheiros, projetistas e agentes ligados à construção civil, com os conhecimentos e técnicas adequadas, desde a fase de projeto como de execução, para a entrega de edificações em condições para alcançar níveis mais elevados de eficiência energética.

No momento atual o PBE consta com 38 Programas de Avaliação da Conformidade em diferentes fases de implementação, desde a etiquetagem de produtos como fogões, até veículos e edificações. Este trabalho se restringiu ao estudo da etiquetagem das edificações, a Etiqueta PBE Edifica, desenvolvida em parceria com o INMETRO e a Eletrobrás/PROCEL Edifica, que desde o ano de 2009 até setembro de 2020 emitiram 257 etiquetas dentre os edifícios comerciais, de serviços e públicos, e esse número é ainda maior para os residenciais, com 5042 etiquetas emitidas (PBE Edifica, 2020).

De acordo com Palladini (2016), observa-se que as edificações são responsáveis por grande parte do consumo de energia no Brasil, e que por meio de algumas medidas simples, é possível elevar o nível de classificação do E para A. Realçando a importância de se obter a classificação energética das edificações.

Em vista disso, este trabalho foi realizado através do estudo e aplicação do manual do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), no recém construído, Bloco de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) *Campus* Cajazeiras, visando estabelecer as condições para a classificação do nível de eficiência energética.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral a determinação do nível de eficiência energética de uma edificação pública já construída, localizada no IFPB *Campus* Cajazeiras, de acordo com o método prescritivo de avaliação do RTQ-C.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar e classificar a eficiência energética da envoltória;
- Avaliar e classificar a eficiência energética da iluminação;
- Avaliar e classificar a eficiência energética do condicionamento de ar;
- Sugerir a adoção de protocolos de manutenção que possam incrementar o nível de classificação da eficiência energética do edifício.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Somente a partir de 1972 que o termo “desenvolvimento sustentável” começou a ser posto em pauta e debatido mundialmente por meio da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que ficou comumente conhecida como a Conferência de Estocolmo, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), marcando a iniciativa de uma preocupação geral da utilização dos recursos naturais de maneira exorbitante.

Essa organização intergovernamental, fundada em 1945 para favorecer a cooperação internacional, é a responsável por propiciar as maiores discussões a respeito do desenvolvimento sustentável, em todo o mundo, contribuindo imensamente nesse âmbito até os dias atuais.

O termo foi definido formalmente em 1987 na publicação “*Our common future*” (Nosso futuro comum), no Relatório da Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, como o desenvolvimento que atenda às necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.

Alinhada a esse princípio, em 1992 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92. “O conceito de desenvolvimento sustentável foi firmado na Agenda 21, documento desenvolvido na Conferência “Rio 92”, e incorporado em outras agendas mundiais de desenvolvimento e de direitos humanos [...]” (BARBOSA, 2008, p. 2).

A Agenda 21 apresenta em um de seus conceitos a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento, que devem conciliar o meio ambiente e a eficiência econômica, desenvolvendo o parque edificado mundial com medidas que reduzem os impactos, mudando a forma de construção dos edifícios. O que mostra a importância da construção civil no desempenho do desenvolvimento sustentável (PALLADINI, 2016).

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), que aconteceu em Johannesburgo, África do Sul, no ano de 2002, foi outra grande reunião de discussões da ONU, na tentativa de reavaliar e efetivar as diretrizes das conclusões obtidas da RIO 92, a respeito da Agenda 21, colocando em prática o conceito de desenvolvimento sustentável.

Seguindo a periodicidade habitual, em 2012 foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, marcando 20 anos da realização da Rio

92, constituindo um dos maiores eventos da ONU, com a participação de 193 delegações e representantes da sociedade civil. Foi reassumido o compromisso político com os progressos e decisões tomadas nas conferências anteriores, definindo a agenda do desenvolvimento sustentável para as décadas futuras (ITAMARATY, 2012).

Da Rio+20 culminou ainda, no processo de criação dos Objetos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo adotados no ano de 2015, contemplando 17 objetivos interligados e 169 metas correspondentes, que são a base da Agenda 2030, com período para implementação até o ano de 2030. Esses objetivos e metas são uma ampliação dos Objetivos do Milênio (ODM), tratando de temas diversos, a exemplo da erradicação da pobreza, mudança climática, infraestrutura, saneamento e outros, aplicando-se a todos os Estados-membros da ONU (ITAMARATY, 2019).

Figura 01 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU Brasil, 2020

2.2 CENÁRIO BRASILEIRO

O Brasil deu início a programas de estudos e pesquisas sobre fontes alternativas e conservação de energia a partir do ano de 1975. Hoje possui programas de eficiência energética que são reconhecidos mundialmente, a exemplo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e o PBE.

Em 1984 o INMETRO principiou a discussão com a sociedade sobre a racionalização energética, incentivando compras mais conscientes pelos consumidores através da prestação de informações. A princípio, atuava basicamente na área automotiva, posteriormente expandindo o projeto e criando o PBE, atuando com ênfase em produtos consumidores de energia elétrica, tornando-se atualmente um amplo programa de conservação de energia. (ELETROBRÁS *et al.*, 2014).

Porém, o fato que marcou a preocupação do país sobre a conservação de energia referente a edificações, foi a crise energética ocorrida em 2001, popularmente conhecida como “apagão”, ocasionada devido à falta de chuvas e a grande dependência da geração de energia oriunda das usinas hidroelétricas. Esse ocorrido levou a diversas interrupções no abastecimento de energia às edificações, o que conduziu ao governo a necessidade da diversificação da matriz energética brasileira (PALLADINI, 2016).

Assim, ainda no ano de 2001 foi instituída a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, pela Lei nº 10.295 regulamentada pelo Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001), o qual foi substituído e revogado pelo Decreto nº 9.864 de 2019 (BRASIL, 2019), que promoveu uma atualização de sua composição e competências, dispondo também, sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE). No qual são estabelecidos níveis máximos de consumo de energia e níveis mínimos de eficiência energética de aparelhos e máquinas, bem como de edificações, por meio do CGIEE coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME).

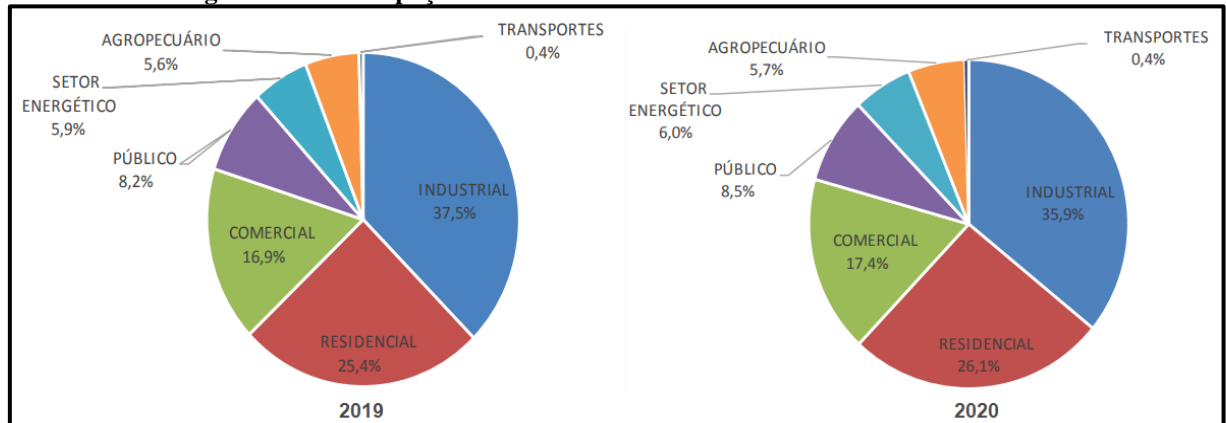
Em 2014, o Brasil passou por outra grande crise hídrica, afetando significativamente a região sudeste, o que provocou uma redução de 5,6% na oferta de energia das usinas hidrelétricas em comparação com o ano de 2013, proporcionando uma maior demanda na geração de energia de fontes não-renováveis, por meio da queima de combustíveis fósseis (PALLADINI, 2016).

De acordo com o PROCEL (2019), estima-se que a economia de energia no ano de 2018 foi de aproximadamente 22,99 bilhões de kWh, economia de 4,87% em relação ao consumo total de energia elétrica no Brasil, ajudando a evitar que o equivalente de 1,701 milhão de tCO₂ fossem liberados na atmosfera, o que corresponde a emissões proporcionadas por 584 mil veículos no período de um ano. No período de 1986 a 2018 os resultados acumulados do PROCEL em economia de energia chegam à ordem de 151,6 bilhões de kWh.

Por meio do relatório final do Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2020), que toma como base o ano anterior, sabe-se que as edificações residenciais são responsáveis por

26,1% do consumo de energia elétrica no país, com os setores comercial e público consumindo 17,4% e 8,5%, respectivamente, totalizando um percentual para esses três setores, de 52%. Comparando ainda, esse percentual com a porcentagem resultante dos mesmos três setores no BEN de 2019 (50,5%), percebe-se um acréscimo de 1,5% (Figura 02).

Figura 02 – Participação setorial no consumo de eletricidade no ano de 2019



Fonte: EPE, 2019

Tais percentuais e acréscimos, mostram a grande necessidade de se ter programas eficientes de avaliação e conservação de energia para as edificações.

2.3 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES

Diversos países como Austrália, Canadá, Estados Unidos da América e União Europeia possuem seus respectivos programas e regulamentos de certificação energética para as edificações em seus territórios, desempenhando uma política importante na diminuição do consumo de energia (SILVA, 2019).

No Brasil em 1984, o Inmetro discutiu a criação de programas para a conservação de energia, e lançou o Programa Brasileiro de Etiquetagem, que avalia o desempenho de produtos, a fim de contribuir para a racionalização no país, expandindo o projeto para outras linhas, como edificações, resultando no PBE Edifica.

Por meio desse programa é possível qualificar os edifícios quanto a sua classificação de eficiência energética, avaliados a partir de regulamentos técnicos. Primeiramente foi lançado o RTQ-C em 2009, para a avaliação das edificações comerciais, de serviços e públicas, difundindo para a avaliação de edifícios residenciais, em 2010, através do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R).

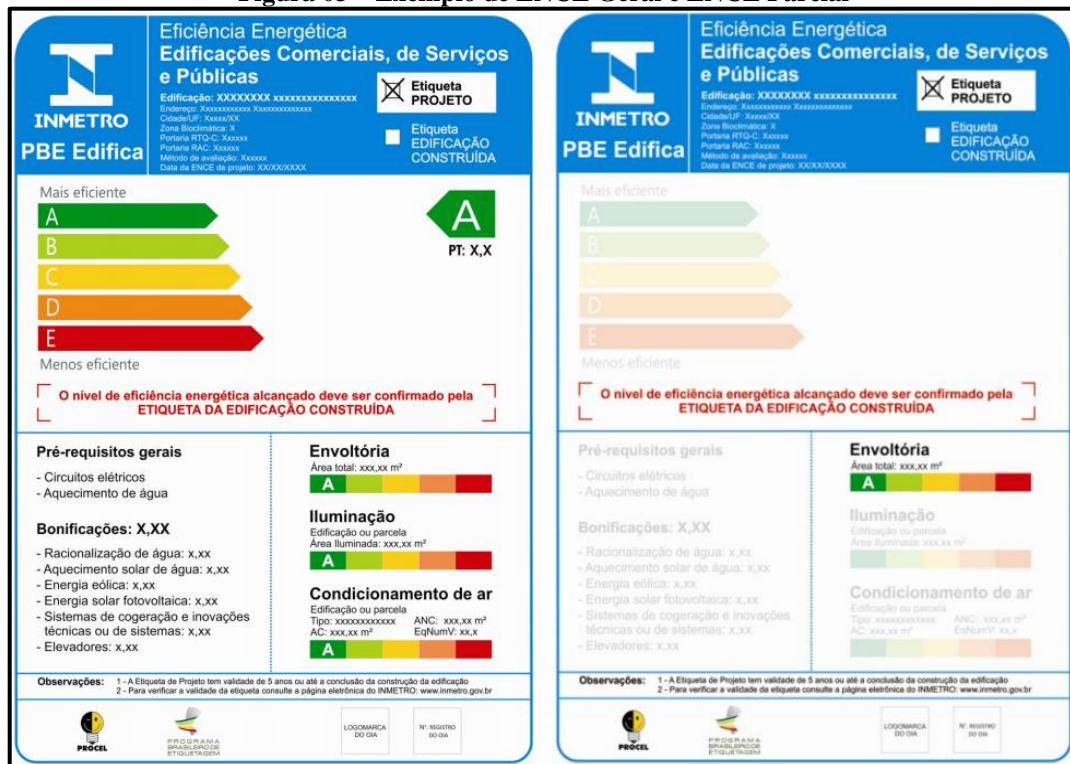
A aplicação do RTQ-C, analisa três sistemas, envoltória, iluminação e condicionamento de ar, que para a classificação, representam respectivamente 30%, 30% e 40% do consumo energético da edificação, que é avaliada como um todo.

Já o RTQ-R avalia cada unidade habitacional, individualmente, seja uni ou multifamiliar, analisando somente dois sistemas, o aquecimento de água e a envoltória, baseado no desempenho para as estações de inverno e verão, com pesos finais dependentes da região geográfica.

No entanto, ambos os regulamentos presumem o aumento de até um nível na classificação final, consequente das bonificações, que visam a adoção de melhorias na edificação, aumentando o desempenho energético do mesmo.

No âmbito do PBE Edifica, o resultado da avaliação é a emissão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), utilizando uma escala variável de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), informando ao consumidor a eficiência energética obtida para a edificação (ENCE Geral), ou para o sistema analisado (ENCE Parcial), conforme exemplificado na imagem a seguir.

Figura 03 – Exemplo de ENCE Geral e ENCE Parcial



Fonte: RAC, 2014

As etiquetas podem ser emitidas para o projeto ou para a edificação construída, diferenciando apenas na validade da etiqueta, na qual a de projeto é válida até o fim da construção do edifício, enquanto a outra é pertinente até que seja realizada alguma alteração em um dos sistemas.

O fornecimento dessas informações presentes na etiqueta possibilita a identificação e o gerenciamento do consumo de energia, favorecendo a atuação de profissionais ligados a construção civil para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis.

Sendo o que marca, de fato, a importância da implementação desse programa, mostrando a preocupação das políticas nacionais sobre a eficiência energética do país, é a determinação da obrigatoriedade da utilização da ENCE em projetos de novas edificações públicas federais ou que passem por *retrofit*, diante da Instrução Normativa (IN) N°02, de 04 de junho de 2014 (BRASIL, 2014).

Ainda, pela IN N°2 (2014), é estabelecido que nos instrumentos convocatórios para aquisições ou locações de máquinas e aparelhos consumidores de energia, devem-se exigir que tais bens possuam classificação de eficiência A na ENCE vigente no período da aquisição.

3 OBJETO DO ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo deste trabalho será descrito neste capítulo abordando informações técnicas, como Zona Bioclimática, orientação das fachadas e materiais empregados nas instalações e no sistema construtivo, discriminando os três sistemas que serão avaliados, envoltória, iluminação e condicionamento de ar.

A edificação selecionada trata-se de um Bloco de Salas de Aula de Engenharia Civil no IFPB *Campus* Cajazeiras, portanto um edifício público, cuja construção se iniciou em março de 2019 e foi finalizada em dezembro do mesmo ano.

Totalizando uma área construída de 1457,72 m² distribuída em 2 pavimentos tipo, as divisões dos ambientes do edifício podem ser visualizadas a partir da planta baixa no Anexo A, contendo 12 salas de aula, 2 coordenações e banheiros masculinos e femininos. A relação de cada ambiente e sua respectiva área, para melhor entendimento, está presente na tabela 01. Todos os projetos técnicos, incluindo memorial descritivo e planilha orçamentária, foram disponibilizados pela instituição de ensino.

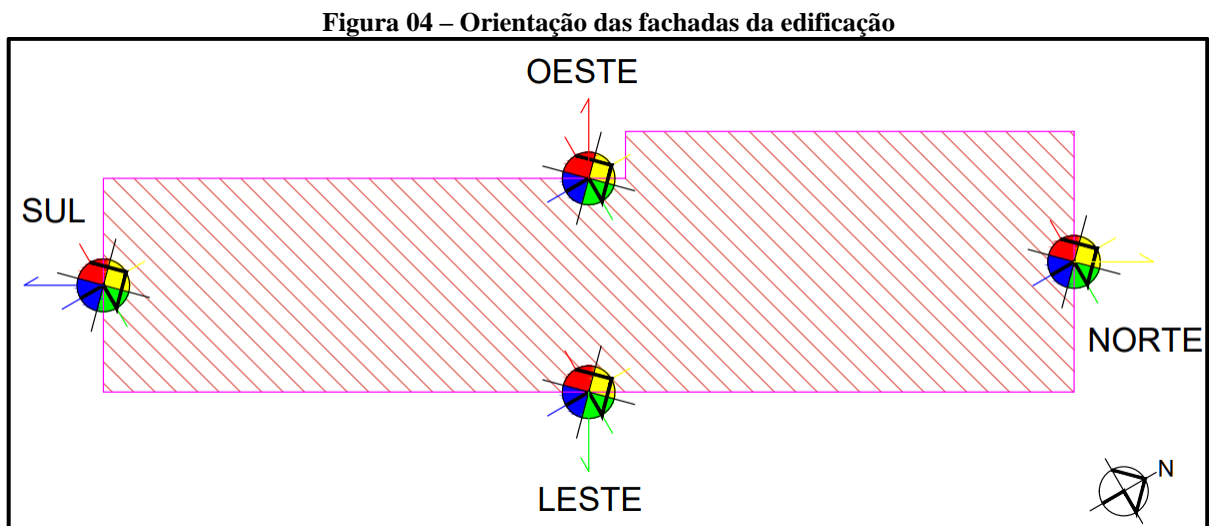
Tabela 01 – Ambientes e áreas da edificação

PAVIMENTO TÉRREO		PAVIMENTO SUPERIOR	
AMBIENTE	ÁREA (m ²)	AMBIENTE	ÁREA (m ²)
CIRCULAÇÃO PRINCIPAL	181,52	CIRCULAÇÃO PRINCIPAL	179,62
SALA 01	62,00	SALA 07	62,00
SALA 02	62,00	SALA 08	62,00
SALA 03	62,00	SALA 09	62,00
ESCADA	7,20	ESCADA	7,20
CIRCULAÇÃO WC'S	21,30	CIRCULAÇÃO WC'S	21,30
WC-F PCD	3,52	WC-F PCD	3,52
WC-F	14,70	WC-F	14,70
WC-M PCD	3,52	WC-M PCD	3,52
WC-M	14,70	WC-M	14,70
COORDENAÇÃO 01	21,01	COORDENAÇÃO 02	21,01
SALA 04	62,00	SALA 10	62,00
SALA 05	62,00	SALA 11	62,00
SALA 06	62,00	SALA 12	62,00

3.1 LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DAS FACHADAS

Localizada no Alto Sertão paraibano, no município de Cajazeiras – PB, Bairro Jardim Oásis, na Rua José Antônio da Silva, 300. A edificação foi considerada como pertencente à Zona Bioclimática 7, pela proximidade com a cidade de São Gonçalo-PB. Está relacionada entre as oito cidades paraibanas cujos climas foram classificados no Zoneamento Bioclimático Brasileiro, de acordo com a NBR 15.220-3 (ABNT, 2003).

Influenciando na eficiência do edifício, a orientação das fachadas foi determinada de forma simplificada, seguindo o estabelecido pelo manual de etiquetagem, a partir da indicação do norte geográfico representado na planta baixa. A imagem abaixo indica a orientação das fachadas da edificação a partir da representação da rosa dos ventos dividida em quatro quadrantes.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA

3.2 ENVOLTÓRIA

A edificação possui estrutura em concreto armado moldada *in loco* e vedações em alvenaria de tijolos cerâmicos vazados, segundo o conceito modernista de Planta Livre, que permite a reorganização dos espaços uma vez que as paredes não têm função estrutural, servindo apenas como elementos de vedação.

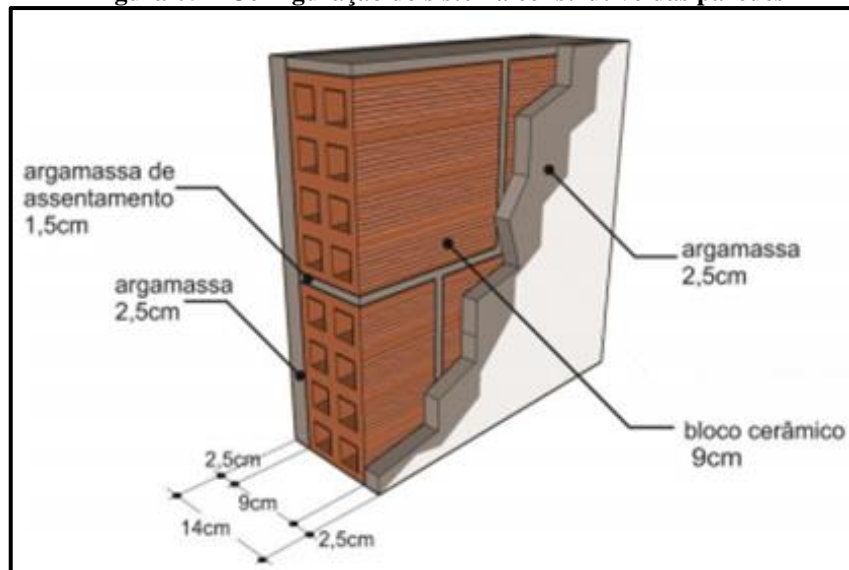
3.2.1 PAREDES

As paredes internas e externas são compostas por tijolos cerâmicos vazados de 8 furos (9,0 x 19,0 x 19,0 cm), assentados na sua menor dimensão, meia vez, com argamassa de assentamento de 1,5 cm de espessura, e argamassa de revestimento nas duas superfícies com espessura de 2,5 cm.

As salas, coordenações, escada e circulações dos banheiros receberam ainda revestimentos internos de cerâmica esmaltada até a altura de 1,05 metros a partir do piso, e pintura acrílica na parede acima da cerâmica. Nos banheiros todo o revestimento interno é de cerâmica esmaltada, do piso ao forro. Já o revestimento externo das fachadas e circulação principal, é de casquilho cerâmico, em toda a superfície.

A configuração dos componentes do sistema construtivo das paredes que é levado em consideração na classificação da eficiência energética, está representada na figura 05, desconsiderando os demais revestimentos presentes nas paredes.

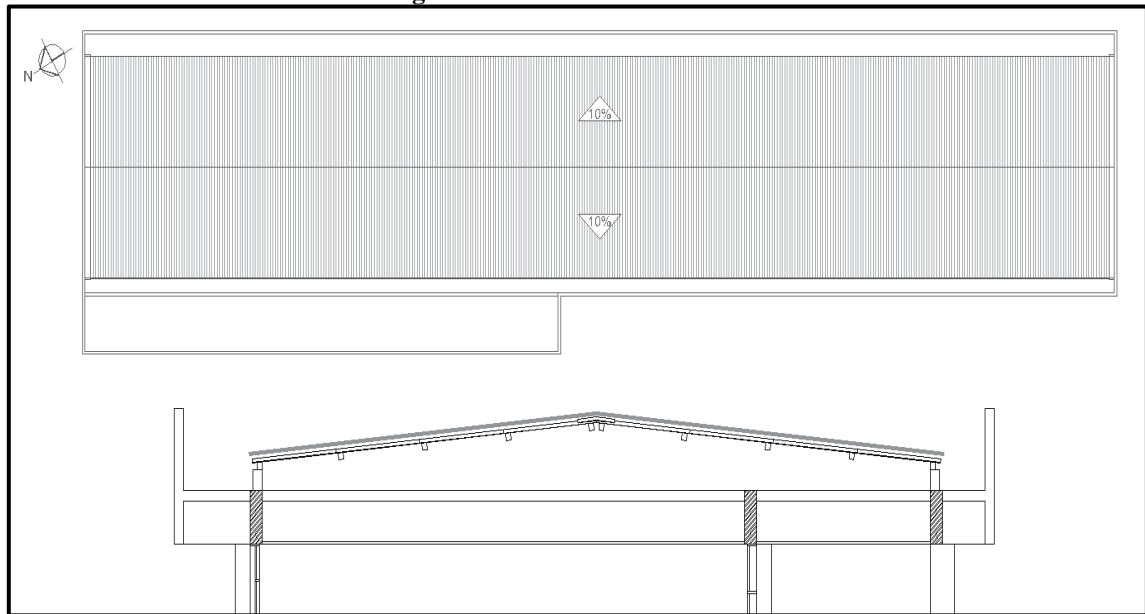
Figura 05 – Configuração do sistema construtivo das paredes



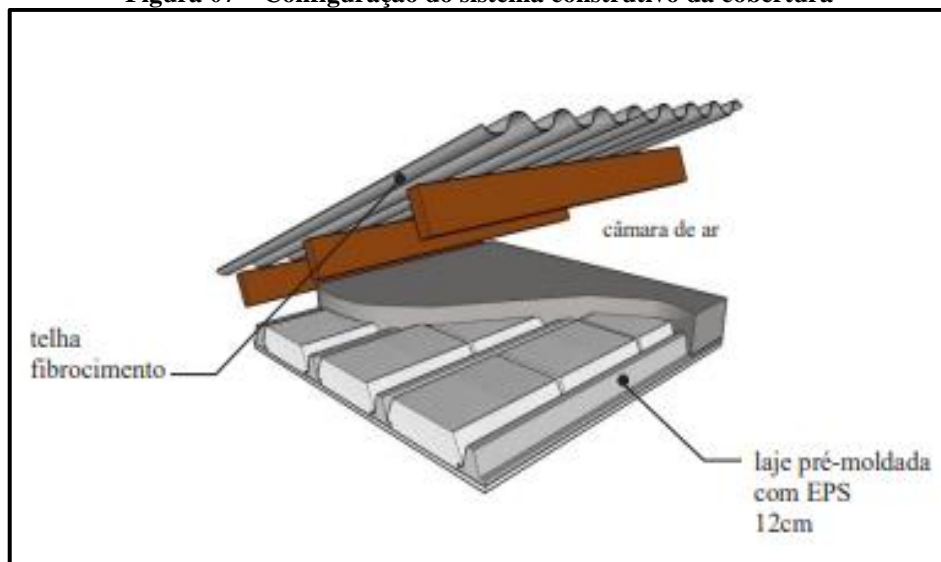
Fonte: RAC, 2014

3.2.2 COBERTURA

Com duas quedas d'água em inclinação de 10% e telhado embutido (platibanda), a cobertura é constituída por telhas sobre estrutura de madeira e alvenaria, dispostas sobre uma laje pré-moldada, cobrindo uma área de 823,41 m² (Figura 06).

Figura 06 – Detalhe da cobertura**Fonte: Projeto Arquitetônico**

A configuração construtiva que pode ser observada na figura 07, é dada por telhas onduladas de fibrocimento com 6 mm de espessura, com acabamento superficial natural, sobre madeiramento e laje pré-moldada. Mesmas características apresentadas no projeto técnico e execução do edifício.

Figura 07 – Configuração do sistema construtivo da cobertura**Fonte: RAC, 2014**

3.3 ILUMINAÇÃO

O edifício combina iluminação natural e artificial em todos os ambientes, cujo sistema foi definido para cada um deles, sendo que a principal atividade desenvolvida de forma geral por toda a edificação, está configurada como escola/universidade. E por se tratar de pavimento tipo, os sistemas foram replicados no pavimento subsequente.

Os ambientes possuem divisão dos circuitos que permitem o acionamento independente da iluminação, porém somente os banheiros contam com sensores de presença para acionamento e desligamento automático.

Com o sistema composto por luminárias com lâmpadas tubulares de *Light Emitting Diode* (LED) de 20 W com soquete base G 13, na tabela 02 são apresentadas as características da iluminação de cada ambiente.

Tabela 02 – Características do sistema de iluminação por ambiente

CONJUNTO LUMINÁRIA COM LÂMPADA TUBULAR LED (20 W) COM SOQUETE BASE G 13			
PAVIMENTO TÉRREO		PAVIMENTO SUPERIOR	
AMBIENTE	QUANT.	AMBIENTE	QUANT.
CIRCULAÇÃO PRINCIPAL	10	CIRCULAÇÃO PRINCIPAL	10
SALA 01	9	SALA 07	9
SALA 02	9	SALA 08	9
SALA 03	9	SALA 09	9
CIRCULAÇÃO WC'S	3	CIRCULAÇÃO WC'S	3
WC-F PCD	1	WC-F PCD	1
WC-F	3	WC-F	3
WC-M PCD	1	WC-M PCD	1
WC-M	3	WC-M	3
COORDENAÇÃO 01	4	COORDENAÇÃO 02	4
SALA 04	9	SALA 10	9
SALA 05	9	SALA 11	9
SALA 06	9	SALA 12	9
ESCADA	1	ESCADA	1

3.4 CONDICIONAMENTO DE AR

Com exceção dos banheiros, todos os ambientes fechados possuem condicionamento de ar utilizando equipamentos do tipo split de expansão direta. As características do sistema de condicionamento de ar para cada ambiente podem ser verificadas na tabela 03.

Tabela 03 – Características do sistema de condicionamento de ar por ambiente

PAVIMENTO TÉRREO			
AMBIENTE	CAPACIDADE (BTU/h)	EFICIÊNCIA	QUANT.
SALA 01	36000	A	2
SALA 02	36000	A	2
SALA 03	36000	A	2
COORDENAÇÃO 01	36000	A	1
SALA 04	36000	A	2
SALA 05	36000	A	2
SALA 06	36000	A	2
PAVIMENTO SUPERIOR			
AMBIENTE	CAPACIDADE (BTU/h)	EFICIÊNCIA	QUANT.
SALA 07	36000	A	2
SALA 08	36000	A	2
SALA 09	36000	A	2
COORDENAÇÃO 02	36000	A	1
SALA 10	36000	A	2
SALA 11	36000	A	2
SALA 12	36000	A	2

4 METODOLOGIA

Para a realização do estudo de caso, foram aplicados os métodos de classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos, do PBE Edifica. Realizando a avaliação do nível de eficiência energética do objeto estudado, analisando os resultados obtidos para em seguida propor as intervenções necessárias para se obter a máxima classificação.

A avaliação foi realizada pelo Método Prescritivo, que classifica o nível de eficiência por meio da aplicação de equações e tabelas fornecidos pelo RTQ-C, que possibilita a avaliação individual de três sistemas, a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar, permitindo a emissão de etiquetas parciais, para cada um desses sistemas.

Após cada sistema avaliado, foi atribuído um equivalente numérico correspondente ao nível de eficiência, no intervalo de 1 a 5, correspondendo, respectivamente ao menor e maior nível de eficiência energética (Tabela 04). A classificação geral referente a edificação completa foi obtida combinando os resultados parciais dos sistemas em uma equação que distribuiu pesos diferentes para cada um deles, balanceando a relação entre os sistemas. De acordo com o RTQ-C, nesse procedimento se pode ainda incluir bonificações que incentivem a redução do consumo energético.

Tabela 04 – Níveis de eficiência e seus respectivos equivalentes numéricos

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

4.1 ENVOLTÓRIA

O sistema de envoltória é composto pelos elementos construtivos que interseccionam o ambiente interno do externo. Assim, avaliaram-se as configurações das fachadas e da cobertura, de acordo com as propriedades dos materiais empregados e características próprias da edificação, como áreas de aberturas e elementos de sombreamento.

Primeiramente, para a determinação das propriedades térmicas foram utilizados os dados fornecidos pelo Anexo Geral V do manual de Requisitos de Avaliação de Conformidade (RAC), que informa a transmitância (U) e absorvância(α) da composição de elementos pré-determinados.

Depois calculou-se os parâmetros de caracterização da envoltória, o fator de forma, fator de altura, percentual de aberturas nas fachadas e os ângulos de sombreamento horizontais e verticais, através do projeto arquitetônico, utilizando o *software* de desenho AutoCAD da Autodesk (versão para estudante, 2018).

Esses fatores solicitados pelo RTQ-C foram reunidos em uma equação específica correspondente a Zona Bioclimática do local de estudo, determinada mediante a norma NBR 15220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2003), que por meio da classificação do clima de 330 cidades, estabeleceu 8 Zonas Bioclimáticas no Brasil. O resultado dessa equação forneceu o indicador de consumo da envoltória, que avaliado juntamente com requisitos específicos indicaram a classificação do sistema.

Para efeito de informação, o resultado foi comparado com a avaliação realizada com auxílio da ferramenta WebPrescritivo, desenvolvida pelo LabEEE/UFSC, onde foram inseridos os parâmetros de entrada e foi retornado o nível de classificação do sistema de forma automatizada.

4.2 ILUMINAÇÃO

A avaliação do sistema de iluminação foi realizada por um dos dois métodos estabelecidos pelo RTQ-C (Método da Área do Edifício, ou Método das Atividades do Edifício), a precedência do método ocorre de acordo com as principais atividades realizadas no edifício. Para até três atividades principais ou que ocupem 30% da área do edifício, utiliza-se o Método da Área da Edificação, que avalia o sistema de forma geral. Já o Método das Atividades do Edifício, avalia cada ambiente individualmente, de acordo com a atividade desenvolvida (ELETROBRÁS *et al.*, 2016, p. 127).

O método utilizado no sistema de iluminação foi o Método da Área do Edifício. A iluminação foi verificada primeiramente de forma geral por esse método, pois a principal função da edificação corresponde à escola/universidade, e depois foram avaliados os pré-requisitos específicos, que analisou cada ambiente separadamente.

Assim como na envoltória, ao final da avaliação, foi comparado o resultado com a classificação obtida pela ferramenta automatizada de cálculo.

4.3 CONDICIONAMENTO DE AR

Para a classificação desse sistema, é essencial que o edifício condicionado artificialmente possua equipamentos com a eficiência conhecida, sendo tratados de dois modos, os que já são avaliados pelo programa de etiquetagem e os que não são.

O sistema de condicionamento por equipamentos do tipo Split, avalia os aparelhos individualmente conforme classificação energética atribuída pelo PBE, através da etiqueta indicativa do consumo de energia presente nos equipamentos.

4.4 BONIFICAÇÕES

As bonificações constituem pontuações extras a fim de estimular a adoção de medidas mais econômicas de consumo energético, como o uso de energia solar ou outras fontes de energia renovável, uso racional da água, implantação de dispositivos que melhorem o desempenho da iluminação e ventilação natural, dentre outras inovações tecnológicas consideradas no método do regulamento.

4.5 PROPOSTAS DE MELHORIA

De posse das classificações individuais dos sistemas e da geral da edificação, será realizada uma análise para identificação de possíveis falhas nos sistemas que impossibilitam a classificação no nível A, haja vista a natureza pública dos recursos utilizados para operação e manutenção do edifício em estudo, as propostas de intervenções que elevem ao máximo o desempenho energético são bem vindas, podendo inclusive ser criado um protocolo de manutenção que permita incluir a previsão dos gastos no plano orçamentário anual.

5 AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGETICA

5.1 PRÉ-REQUISITOS GERAIS

O RTQ-C (2017) estabelece dois requisitos gerais que devem ser cumpridos para a classificação energética, um para circuitos elétricos e outro para o aquecimento de água. Para o primeiro, o circuito elétrico da edificação deve ser projetado separadamente por uso final, de modo que permita medições, que podem ser utilizadas para verificação de consumo de cada circuito, possibilitando a introdução de medidas de redução. Excluem-se hotéis com sistema de desligamento automático, edifícios com múltiplas unidades autônomas, e construções anteriores a junho de 2009.

O segundo requisito trata de edificações nas quais a demanda de aquecimento de água é igual ou superior a 10% do consumo de energia elétrica, como a exemplo de hotéis, clubes e academias. Devem possuir um sistema eficiente de aquecimento que podem ser, aquecedores solares, a gás, bombas de calor ou por reuso de calor, conforme listado pelo manual, que especifica a porcentagem a qual a demanda deve ser atendida por um ou mais sistemas, e para cada nível de classificação.

5.1.1 CIRCUITOS ELÉTRICOS

A partir do projeto elétrico disponível no anexo B, que apresenta o diagrama unifilar do edifício, é possível visualizar a separação dos circuitos elétricos por uso final, divididos em:

- a) Iluminação;
- b) Pontos de força de 600 W;
- c) Pontos de força de 100 W;
- d) Ponto de força de 100 W, específico para projetor de imagem;
- e) Sistema de condicionamento de ar individual;
- f) Iluminação de emergência.

Assim, o pré-requisito geral é atendido, podendo o edifício ser classificado nos níveis de eficiência A e B.

5.1.2 AQUECIMENTO DE ÁGUA

Como o objeto de estudo trata-se de um conjunto de salas de aula, em que as atividades realizadas em seus ambientes não necessitam de uma elevada demanda de aquecimento de água, como o que pode ocorrer em hotéis, esse pré-requisito não é aplicável, tornando-o como atendido e podendo a edificação ser classificada como nível A.

5.2 SISTEMA DE ENVOLTÓRIA

Primeiramente foram verificados os pré-requisitos específicos e depois o procedimento para a classificação da envoltória.

5.2.1 PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS

Para cada nível de eficiência que se pretende obter, é necessário o atendimento aos pré-requisitos específicos, que são mais restritivos quanto mais elevado o nível desejado. O manual especifica 3 critérios, a transmitância térmica da cobertura e paredes externas, a absorptância de superfícies e a iluminação zenital, os quais exigem diferentes limites de propriedades térmicas para cada caso.

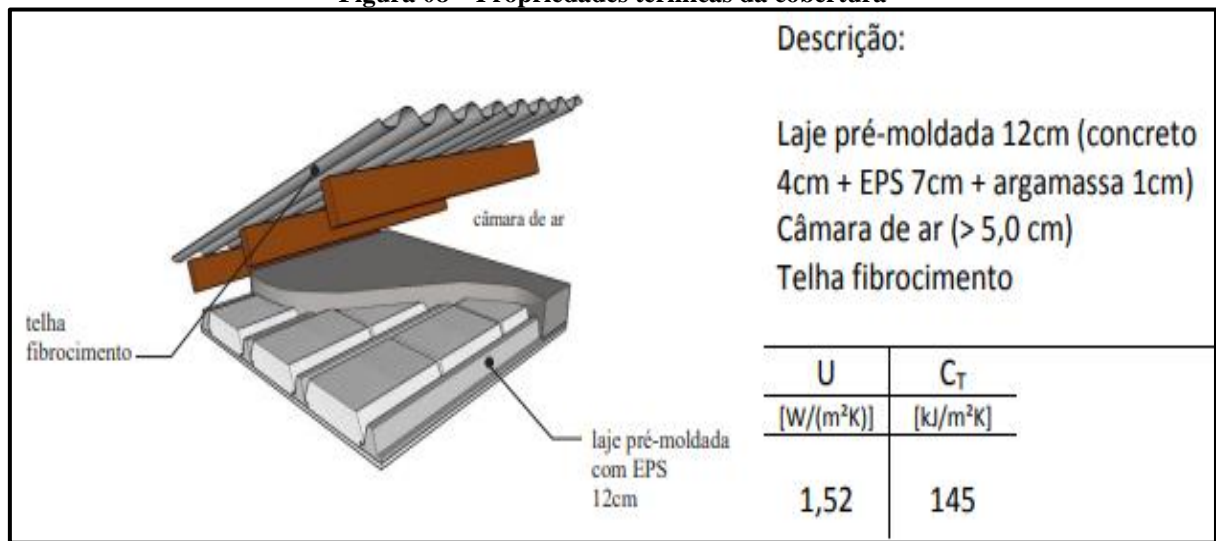
Todos os valores das propriedades térmicas das paredes e cobertura, foram retirados do Anexo Geral V do RAC, os quais foram estabelecidos através da ABNT NBR 15220 (2003).

5.2.1.1 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U)

Para a determinação dessa propriedade térmica são considerados apenas os elementos que compõem o sistema construtivo da envoltória, desconsiderando os revestimentos, como cerâmica interna e casquilho cerâmico no exterior.

A cobertura da edificação é composta por telha de fibrocimento, câmara de ar e laje pré-moldada com EPS. De acordo com o Anexo Geral V do RAC, os valores das propriedades térmicas resultantes dessa composição de cobertura são para transmitância (U) $1,52 \text{ W/m}^2\text{K}$, e para capacidade térmica de componente (C_T) $145 \text{ KJ/m}^2\text{K}$ (Figura 08).

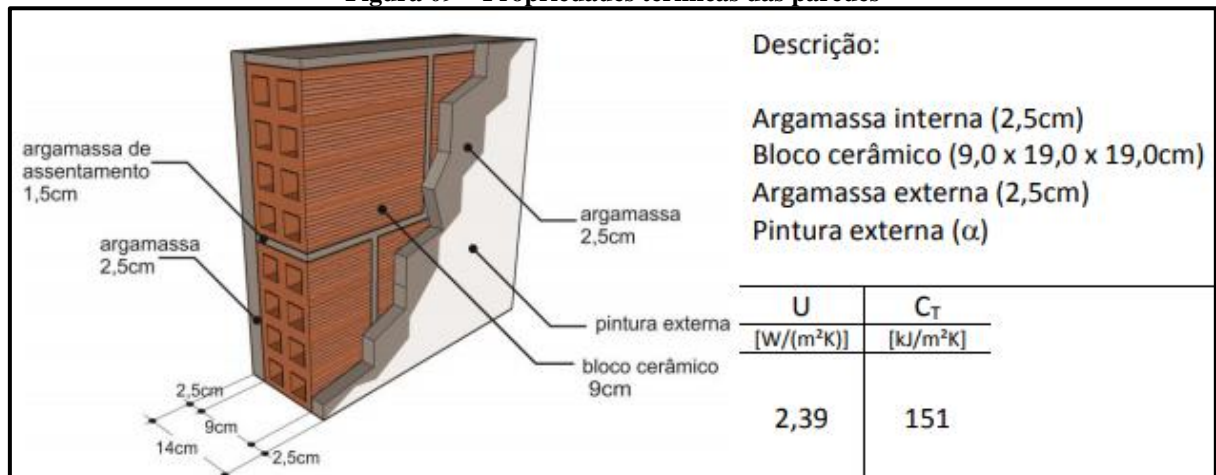
Figura 08 – Propriedades térmicas da cobertura



Fonte: RAC, 2014

Para as propriedades térmicas das paredes externas de acordo com a composição dos elementos que as constituem, conforme especificado no memorial descritivo do edifício, tem-se os valores de transmitância (U) igual a 2,39 W/m²K e de capacidade térmica de componente (C_T) 151 kJ/m²K (Figura 09) .

Figura 09 – Propriedades térmicas das paredes



Fonte: RAC, 2014

Os valores limites definidos pelo RTQ-C para a transmitância térmica da cobertura e paredes de acordo com os níveis de eficiência, estão descritos na Tabela 05, onde se pode comparar os mesmos com os valores obtidos pela edificação. Valores para capacidade térmica da parede superior a 80 kJ/m²K e Zona Bioclimática 7, correspondente a localização do edifício.

Tabela 05 – Comparação entre os limites de transmitância e os valores obtidos para a edificação

TRANSMITÂNCIA (U)	NÍVEL A	NÍVEL B	NÍVEL C e D	EDIFICAÇÃO
COBERTURA (CONDICIONADO)	$\leq 1,00$ W/m ² K	$\leq 1,50$ W/m ² K	$\leq 2,00$ W/m ² K	1,52 W/m ² K
PAREDE	$\leq 3,70$ W/m ² K	$\leq 3,70$ W/m ² K	$\leq 3,70$ W/m ² K	2,39 W/m ² K

Assim, podemos verificar que a transmitância da parede está abaixo do limite estabelecido para o nível A, porém, a da cobertura é superior ao limite do nível B e menor que ao estabelecido para os níveis C e D, o que conduz a edificação a uma classificação máxima no nível C ($1,50 \frac{W}{m^2K} < 1,52 \frac{W}{m^2K} < 2,00 \frac{W}{m^2K}$, sempre convergindo para o pior caso), para este pré-requisito.



5.2.1.2 ABSORTÂNCIA TÉRMICA (α)

Como a definição de absorvância está associada à razão da radiação solar absorvida pela incidência na superfície, tiveram principal importância os elementos constituintes das vedações externas que limitam o ambiente interno. Nesse item não serão consideradas as rampas de acesso e a circulação externa, por não serem ambientes internos e de permanência prolongada.

Para a obtenção do valor de absorvância da cobertura, foi atribuído ao telhado de fibrocimento, devido ao seu aspecto, a cor Concreto, que possui valor de 0,716.

E a única cor presente nas paredes externas das fachadas é a cor Cerâmica, do casquilho cerâmico, determinada no projeto arquitetônico. A qual possui absorvância (α) no valor de 0,653.

Figura 10 – Valores de absorvância relacionados as suas cores

	Cerâmica	65,3
	Concreto	71,6

Fonte: RAC, 2014

A figura 10 apresenta os valores de absorvância da parede e cobertura, em porcentagem, retirados do Anexo Geral V do RAC (2013).

A tabela 06 apresenta os limites para a absorvência térmica, comparando o valor que a edificação obteve para essa propriedade. Limites definidos pelo manual somente para os níveis A e B.

Tabela 06 – Comparação entre os limites de absorvência e o valor obtido para a edificação

ABSORVÊNCIA (α)	NÍVEL A	NÍVEL B	NÍVEL C e D	EDIFICAÇÃO
COBERTURA (CONDICIONADO)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	-	0,716
PAREDE	$\leq 0,5$	-	-	0,653

Observa-se que o valor da absorvência do material da cobertura é maior que o limite para o nível B, e que para o material das paredes supera o limite do nível A. Portanto, nesse pré-requisito o nível mais elevado que se pode obter é o nível C (pior caso).

5.2.1.3 ILUMINAÇÃO ZENITAL

Verifica-se por meio do projeto arquitetônico que a edificação não possui nenhuma abertura zenital, o que concerne a não aplicabilidade desse critério, dispensando a verificação dos limites de propriedades, resultando-o como atendido.

5.2.2 CLASSIFICAÇÃO

Os dados dimensionais da edificação solicitados pelo RTQ-C para a realização da classificação, foram calculados e obtidos com o auxílio do *software* Autodesk AutoCAD (versão para estudante, 2018), catálogos, normas regulamentadoras, memorial descritivo e planilhas no Microsoft Excel (2019). A seguir é apresentada a tabela 07 contendo essas informações de maneira sintética, sendo possível visualizar os cálculos e procedimentos de obtenção no apêndice A.

Tabela 07 – Dados da envoltória da edificação

ITEM	VALOR	UNIDADE
U_{COB-AC}	1,52	W/m ² K
$U_{COB-ANC}$	1,52	W/m ² K
U_{PAR}	2,39	W/m ² K
PAZ	0	%
α_{COB}	71,6	%
CT_{PAR}	151	kJ/m ² K
α_{PAR}	65,3	%
FS	41,5	%
A_{TOT}	1457,72	m ²
A_{PCOB}	823,41	m ²
A_{PE}	728,86	m ²
V_{TOT}	6916,64	m ³
A_{ENV}	2040,82	m ²
PAF_T	13,97	%
PAF_O	18,77	%
AVS	45	°
AHS	7,34	°
FA	0,56486	Adimensional
FF	0,29506	Adimensional
IC_{ENV}	122,19	Adimensional

De posse dos dados apresentados, foi realizado o cálculo do indicador de consumo da edificação e comparado com os valores limites para cada nível de eficiência, que foram obtidos calculando-se o indicador de consumo com valores máximos e mínimos, obtendo os intervalos para cada nível, conforme estabelece o manual. O resultado pode ser observado na Tabela 08:

Tabela 08 – Comparação entre o indicador de consumo do edifício e os limites de eficiência

NÍVEL	A	B	C	D	E	EDIFÍCIO
MÍNIMO	-	126,84	131,84	136,83	141,82	122,19
MÁXIMO	126,84	131,83	136,82	141,81	-	

Como o valor obtido para a edificação (122,19) é inferior ao limite máximo para o nível de eficiência A (126,84), a envoltória analisada possui classificação de eficiência A, devendo-se analisar os pré-requisitos específicos, no qual todos devem ser obrigatoriamente atendidos para se manter no mesmo nível de classificação.

Tabela 09 – Resumo da classificação dos pré-requisitos específicos da envoltória

PRÉ-REQUISITOS	TRANSMITÂNCIA	ABSORTÂNCIA	ILUMINAÇÃO ZENITAL
COBERTURA	C	C	—
PAREDE	A	B	

Na análise realizada para os pré-requisitos, constatou-se que somente a transmitância térmica da parede cumpriu a exigência para o nível A. Como os demais requisitos não foram classificados em A, e a transmitância e absortância da cobertura classificaram-se no nível C, limita-se a classificação da envoltória, que deixa de possuir eficiência A e passa a ter nível de eficiência C, com equivalente numérico igual a 3.

Para efeito de comparação foi utilizado a ferramenta WebPrescritivo, que automatiza os procedimentos de avaliação conforme o RTQ-C, porém a ferramenta fornece apenas a classificação final do sistema avaliado. O resultado proveniente da ferramenta pode ser observado a seguir.

Figura 11 – Classificação da envoltória através do WebPrescritivo

Envoltória

Localização
☒ Zona Bioclimática **ZB 7** ☐ Cidade **São Gonçalo PB**

☒ **Pré-requisitos**

U_{COB-AC} 1.52 W/(m²K) q_{COB} 71.6 %
 $U_{COB-ANC}$ 1.52 W/(m²K) CT_{PAR} 151 kJ/(m²K)
 U_{PAR} 2.39 W/(m²K) q_{PAR} 65.3 %
 PAZ 0 % FS 0

Dados Dimensionais da Edificação

A_{TOT} 1457.72 m²
 A_{PCOB} 823.41 m²
 A_{PE} 728.86 m²
 V_{TOT} 6916.64 m³
 A_{ENV} 2040.82 m²

Características das Aberturas

FS 0.415
 PAF_T 13.97 %
 PAF_O 18.77 %
 AVS 45 °
 AHS 7.34 °

* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

C

Fonte: WebPrescritivo

Inseriu-se os dados dimensionais da edificação na ferramenta de cálculo e obteve-se o mesmo resultado de classificação, eficiência nível C, informando ainda, que a limitação ocorreu devido a propriedade térmica da transmitância da cobertura dos ambientes condicionados.

5.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para possibilitar que os usuários do edifício realizem as atividades em condições de conforto, deve-se garantir níveis adequados de iluminação, contudo a iluminação artificial consome energia e gera carga térmica, exigindo mais do condicionamento de ar, aumentando o consumo. Assim, para se ter um sistema de iluminação eficiente, deve-se prover padrões corretos de iluminação para cada ambiente, consumindo a menor quantidade de energia possível.

A Densidade de Potência Instalada (DPI) relaciona a potência com a área do ambiente, e é o que define a eficiência do sistema, complementada por pré-requisitos específicos que visam garantir que o sistema funcione apenas quando realmente for necessário.

5.3.1 CLASSIFICAÇÃO

Decorrente da tabela 4.1 do manual de etiquetagem RTQ-C, é estabelecido o limite máximo de Densidade de Potência de Iluminação (DPI), que é a razão entre a soma da potência de lâmpadas e a área de um ambiente. Para o nível desejável de eficiência, tem-se os seguintes valores limites para a atividade escola/universidade:

Tabela 10 – Cumprimento dos pré-requisitos específicos de iluminação

FUNÇÃO	DPIL (W/m ²) A	DPIL (W/m ²) B	DPIL (W/m ²) C	DPIL (W/m ²) D
ESCOLA/ UNIVERSIDADE	10,7	12,3	13,9	15,5

FONTE: RTQ-C, 2017, p. 130

Para classificar a iluminação, deve-se conhecer a potência instalada referente as lâmpadas e a área do edifício que é iluminada artificialmente. Conforme especificado no projeto elétrico, cada pavimento possui 80 lâmpadas tubulares de LED com potência de 20 W cada, totalizando em todo o edifício uma potência instalada em iluminação de 3200 W (1600 W pavimento térreo + 1600 W pavimento superior), para uma área iluminada de 1220,62 m² (soma de todas as áreas iluminadas artificialmente).

A multiplicação da área iluminada e a DPIL resulta na potência limite do edifício, e a determinação do nível de eficiência é realizado comparando a potência total instalada da

edificação e o produto obtido, atribuindo um equivalente numérico para o nível encontrado, que se manterá o mesmo, caso cumpra todos os pré-requisitos específicos, caso contrário faz-se necessário a ponderação com o equivalente numérico alcançado pelo requisito.

Tabela 11 – Comparação da potência total instalada com a potência limite para cada nível

ÁREA (m ²)	POTÊNCIA LIMITE (W) A	POTÊNCIA LIMITE (W) B	POTÊNCIA LIMITE (W) C	POTÊNCIA LIMITE (W) D	EDIFÍCIO (W)
1220,62	13060,63	15013,63	16966,62	18919,61	3200

O comparativo realizado na tabela 11 indica de forma geral que a potência instalada de iluminação em toda a edificação é bastante inferior a mínima potência limite, aproximadamente 4 vezes, induzindo a uma classificação de eficiência A com equivalente numérico igual a 5.

Em seguida foi realizada a verificação dos pré-requisitos para a classificação final do sistema de iluminação.

5.3.2 PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS

ORTQ-C determina 3 pré-requisitos que devem ser cumpridos para a obtenção do maior nível de eficiência, sendo menos rigoroso para níveis menores, podendo atender a 2 ou somente a 1 dos pré-requisitos. A tabela 12 apresenta para cada nível, ao qual se deseja alcançar, o que deve ser cumprido.

Tabela 12 – Cumprimento dos pré-requisitos específicos de iluminação para os níveis de eficiência

PRÉ-REQUISITO	NÍVEL A	NÍVEL B	NÍVEL C	NÍVEL D
DIVISÃO DOS CIRCUITOS	X	X	X	X
CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL	X	X		
DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO	X			

5.3.2.1 DIVISÃO DOS CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO

“[...] cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente da iluminação interna do ambiente com facilidade,

localizado de forma que permita a visão clara de todo ambiente” (MME, 2017, p. 125).

Como é possível detectar no traçado das instalações elétricas predial, disponível no anexo B, cada ambiente possui acionamento independente da iluminação interna, com mecanismo de controle manual, cumprindo as exigências desse requisito.

5.3.2.2 CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL

Este critério é aplicável somente para ambientes que possuem aberturas voltadas para o ambiente externo, reduzindo a necessidade de iluminação artificial. É determinado pelo manual que as luminárias próximas as aberturas devam possuir um dispositivo de desligamento independente com circuito alinhado paralelamente as aberturas.

Verificou-se que as salas de aula, as coordenações e os banheiros não atendem ao pré-requisito, pois as luminárias localizadas mais próximas das aberturas não possuem um acionamento próprio, estando vinculadas as demais luminárias no interior das salas, recebendo classificação nível C e equivalente numérico igual a 3. Já para os ambientes das escadas e circulações, esse critério não é aplicado.

5.3.2.3 DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DA ILUMINAÇÃO

Exige-se dispositivo de desligamento da iluminação com controle automático, para ambientes com áreas maiores que 250 m², seja com um sistema de desligamento pré-programado, sensor de presença ou um outro sistema que identifique que a área está desocupada, necessitando ainda a existência de um controle manual no ambiente.

Devido a todos os ambientes da edificação possuírem área inferior a 250 m², considera-se que o pré-requisito foi atendido, conforme indica o RTQ-C, mesmo sem a maioria dos ambientes não possuírem um sistema de desligamento automático.

Para a classificação final do sistema de iluminação se manter no nível de eficiência A, calculado anteriormente, obrigatoriamente todos os pré-requisitos deveriam ser atendidos conforme a tabela 12. Como alguns ambientes não cumpriram o requisito de contribuição da luz natural, necessitou-se realizar a ponderação entre os ambientes do pré-requisito não atendido e os demais pré-requisitos atendidos que obtiveram classificação A, resultando no equivalente numérico final.

Os ambientes com classificação de eficiência C e equivalente numérico igual a 3 (salas, coordenações e banheiros), apresentam uma potência instalada de 2640 W (2160 W + 320 W + 160 W), a ponderação entre os níveis de eficiência e potência dos ambientes resultou em um equivalente numérico de $3,35 \left(\frac{(2640*3)+(560*5)}{3200} \right)$. Portanto, representa que a classificação final do sistema de iluminação compreende uma eficiência nível C. O mesmo resultado foi obtido através da ferramenta WebPrescritivo, conforme apresentado abaixo.

Figura 12 – Classificação da iluminação através do WebPrescritivo

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☐ Atende ☒ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☐ Atende ☐ Não atende ☒ Não se aplica

	Atividade	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m²]
			Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1	Escola/Universidade	1	Atende	Não atende	Não se aplica	3200	1220.62

Calcular Eficiência Limpar

C

* Desde que observados os pré-requisitos de divisão dos circuitos

Fonte: WebPrescritivo

5.4 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

A avaliação do sistema de condicionamento de ar depende da eficiência energética dos equipamentos instalados, além do cumprimento dos pré-requisitos para cada ambiente separadamente, que serão analisados posterior a avaliação do sistema.

O RTQ-C trata os sistemas de dois modos diferentes, regulamentados e não regulamentados pelo INMETRO, os regulamentados já possuem eficiência conhecida, enquanto os que não são abrangidos pela regulamentação necessitam que o desempenho seja avaliado através de níveis específicos estabelecidos pelo manual.

5.4.1 CLASSIFICAÇÃO

Já que a edificação possui um sistema de condicionamento de ar do tipo refrigeração para conforto térmico com equipamentos do modelo *Split*, a eficiência de cada aparelho já é

determinada pela regulamentação do Instituto Nacional de Metrologia.

Por meio da tabela 03 disposta no subitem 3.4, verifica-se as características de cada equipamento instalado, no qual todos são do mesmo padrão e marcar, possuindo a mesma classificação, possibilitando a determinação do nível de eficiência envolvendo todos os sistemas de condicionamento de ar, sem a necessidade de cálculos e ponderações.

Percebe-se que os equipamentos de refrigeração receberam etiquetas indicativas de nível A, dessa forma, tem-se que a classificação do sistema de condicionamento de ar do edifício também seria A, necessitando a avaliação dos pré-requisitos específicos aplicados especialmente para esse nível.

5.4.2 PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS

São estabelecidos requisitos apenas para o nível de eficiência A, em que o não cumprimento impossibilita a classificação final do sistema em A.

O manual estabelece 2 requisitos, isolamento térmico para tubulações, que deve ser atendido pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, e o condicionamento de ar por aquecimento artificial, para o sistema que necessita de aquecimento artificial.

Devido ao sistema adotado na edificação necessitar unicamente de refrigeração, é imposto a ele apenas o primeiro pré-requisito específico.

5.4.2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO PARA TUBULAÇÕES

São exigidas espessuras mínimas para o isolamento de tubulações para os sistemas de condicionamento de ar em cada ambiente, conforme está apresentado na tabela 13 retirada do RTQ-C (2017).

Tabela 13 – Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração (água gelada, brine e refrigerante)

FAIXA DE TEMPERATURA DO FLUIDO (°C)	CONDUTIVIDADE DO ISOLAMENTO		DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO (mm)				
	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/mK)	TEMPERATURA DE ENSAIO (°C)	< 25	25 A <40	40 A <100	100 A <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032 A 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 A 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

Fonte: RTQ-C, 2017, p. 141

Verificou-se através do catálogo do fabricante, que o material utilizado para o isolamento térmico das tubulações (diâmetro nominal de 28 mm), relacionado na composição de preço de serviço da planilha orçamentária da edificação, possui espessura mínima de 5 mm e condutividade térmica de 0,035 W/mK, espessura superior a mínima exigida na tabela acima, para a faixa de temperatura ($4^{\circ}\text{C} < T < 16^{\circ}\text{C}$), devido a utilização de gás refrigerante no sistema, atendendo ao pré-requisito.

Portanto, a classificação final do sistema de condicionamento de ar do edifício se mantém em A, e seu equivalente numérico é igual a 5.

5.5 BONIFICAÇÕES

De acordo com o RTQ-C, iniciativas que comprovadamente gerem economia e aumentem a eficiência da edificação, podem acrescentar na classificação uma pontuação extra que varia de 0 a 1 ponto, de acordo com a bonificação implementada, podendo utilizar mais de um método combinados para obtenção da pontuação máxima, incentivando assim a adoção de soluções econômicas.

As iniciativas podem ser através de sistemas ou equipamentos que racionalizem o uso da água, o aproveitamento de água pluvial, sistemas de cogeração ou fontes renováveis de energia, e outras inovações técnicas que melhorem a eficiência energética, proporcionando uma economia mínima conforme estabelecido pelo manual de etiquetagem.

Percebe-se que o edifício em análise não apresenta bonificações que possibilitem uma melhoria na eficiência do mesmo, assim, a pontuação referente a bonificação é igual a 0.

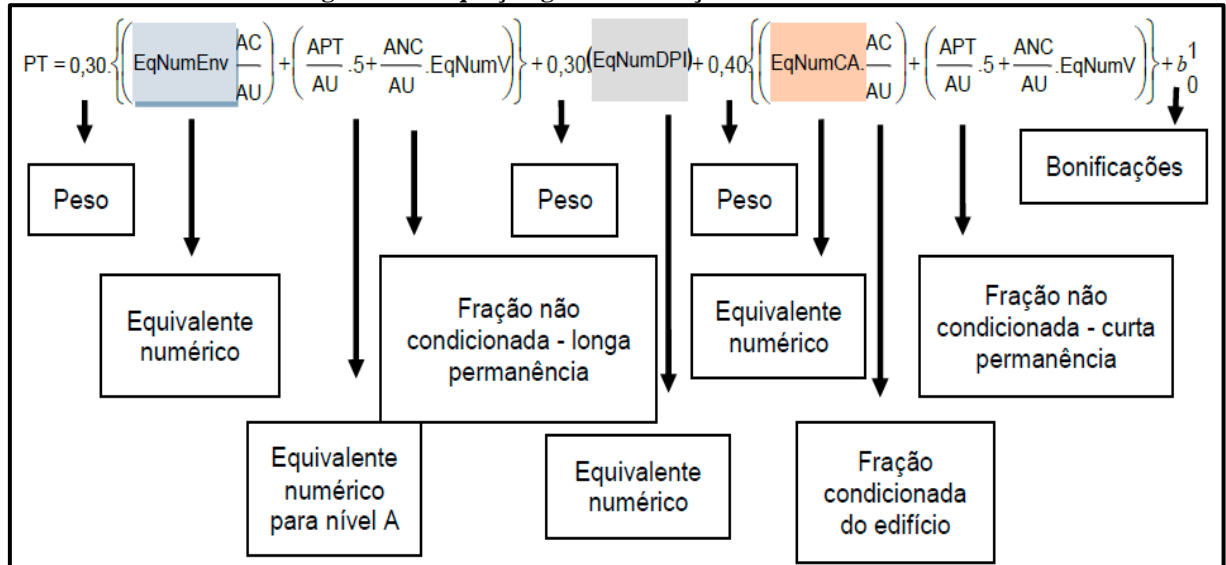
5.6 CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA FINAL

Conforme o RTQ-C, a classificação geral do edifício é obtida avaliando os resultados das três classificações individuais para cada sistema parcial mais bonificações, atribuindo pesos, que de acordo com a pontuação final, referente ao edifício completo, tem-se uma classificação que também varia do mais eficiente A ao menos eficiente E, que será apresentado na ENCE.

A avaliação individual de cada sistema resultou em um equivalente numérico correspondente a determinada eficiência, e os pesos distribuídos representam 30% para a

envoltória, 30% iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar. Assim, a classificação do nível de eficiência final é determinada através da equação 2.1 do RTQ-C, apresentada na imagem a seguir, descrevendo cada termo.

Figura 13 – Equação geral e descrição de suas variáveis



Fonte: ELETROBRÁS *et al.*, 2016, p. 68

Onde:

- EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;
- EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
- APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
- ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;
- AC: área útil dos ambientes condicionados;
- AU: área útil;
- b: pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

Tabela 14 – Resumo da classificação dos sistemas avaliados

SISTEMAS	CLASSIFICAÇÃO	EQUIVALENTE NUMÉRICO
ENVOLTÓRIA	C	3,00
ILUMINAÇÃO	C	3,35
CONDICIONAMENTO DE AR	A	5

Por meio do Apêndice B, pode-se observar a determinação das áreas úteis e o cálculo da pontuação total da edificação, que obteve um resultado de 4,14. Assim, a classificação geral do edifício (1° e 2° pavimento) seria B, devendo-se verificar os pré-requisitos gerais, já avaliados, para comprovação da manutenção do nível de eficiência obtido.

Tabela 15 – Resumo da classificação dos pré-requisitos gerais

PRÉ-REQUISITOS	CLASSIFICAÇÃO
DIVISÃO DE CIRCUITOS	A e B
AQUECIMENTO DE ÁGUA	A

Como é possível verificar que o objeto de estudo atende aos pré-requisitos gerais, a classificação final do edifício se mantém em B, assim como também foi obtido através da ferramenta computacional WebPrescritivo (Figura 14).

Figura 14 – Classificação geral da edificação através do WebPrescritivo

Bonificações

Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.

Economia : 0 %

Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).

Economia : 0 %

Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).

Economia : 0 %

Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.

Economia : 0 %

Elevadores.

Classificação VDI 4707 : - ▼

Etiqueta Geral

APT 491.02 m² ?

ANC 0 m² ?

EqNumV 1 ?

b 0 ?

Calcular Eficiência

Limpar

Pontuação: 4.03

B

Fonte: WebPrescritivo

A pontuação total fornecida pelo WebPrescritivo (4,03) difere da pontuação calculada (4,14), devido a ferramenta considerar o equivalente numérico da iluminação apenas como 3, não realizando a ponderação da classificação dos ambientes e a potência instalada, que resulta em um equivalente numérico igual a 3,35. De qualquer modo as classificações finais são as mesmas, B.

A seguir é apresentado um exemplo de etiqueta meramente ilustrativa para representação da obtenção da ENCE Geral.

Figura 15 – Exemplo de etiqueta meramente ilustrativa



Fonte: RAC modificado

6 ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO E PROPOSTAS DE MELHORIAS

Do capítulo anterior pode-se extrair o resultado da classificação geral do edifício estudado, sendo possível observar as classificações individuais de cada sistema, o que proporciona a identificação de fatores ineficientes, possibilitando a idealização de propostas de melhorias que maximizem a eficiência dos sistemas e consequentemente da edificação como um todo.

Como o sistema de condicionamento de ar apresentou um resultado positivo com nível de eficiência A, serão apontadas soluções apenas para os sistemas de envoltória e iluminação, que receberam uma classificação mediana, nível C. Também serão levantadas algumas intervenções de bonificação que poderão ser computadas em conjunto ou separadamente das propostas para os sistemas, de forma que a classificação pós melhorias seja sempre A.

6.1 SISTEMA DE ENVOLTÓRIA

Desse sistema, infere-se que a volumetria da edificação é eficiente, já que obteve o nível A através do índice de consumo, tendo a sua classificação final reduzida para o nível C devido ao não cumprimento dos pré-requisitos, especificamente a transmitância e absorptância da cobertura, e a absorptância das paredes, superando os limites estabelecidos para o nível A.

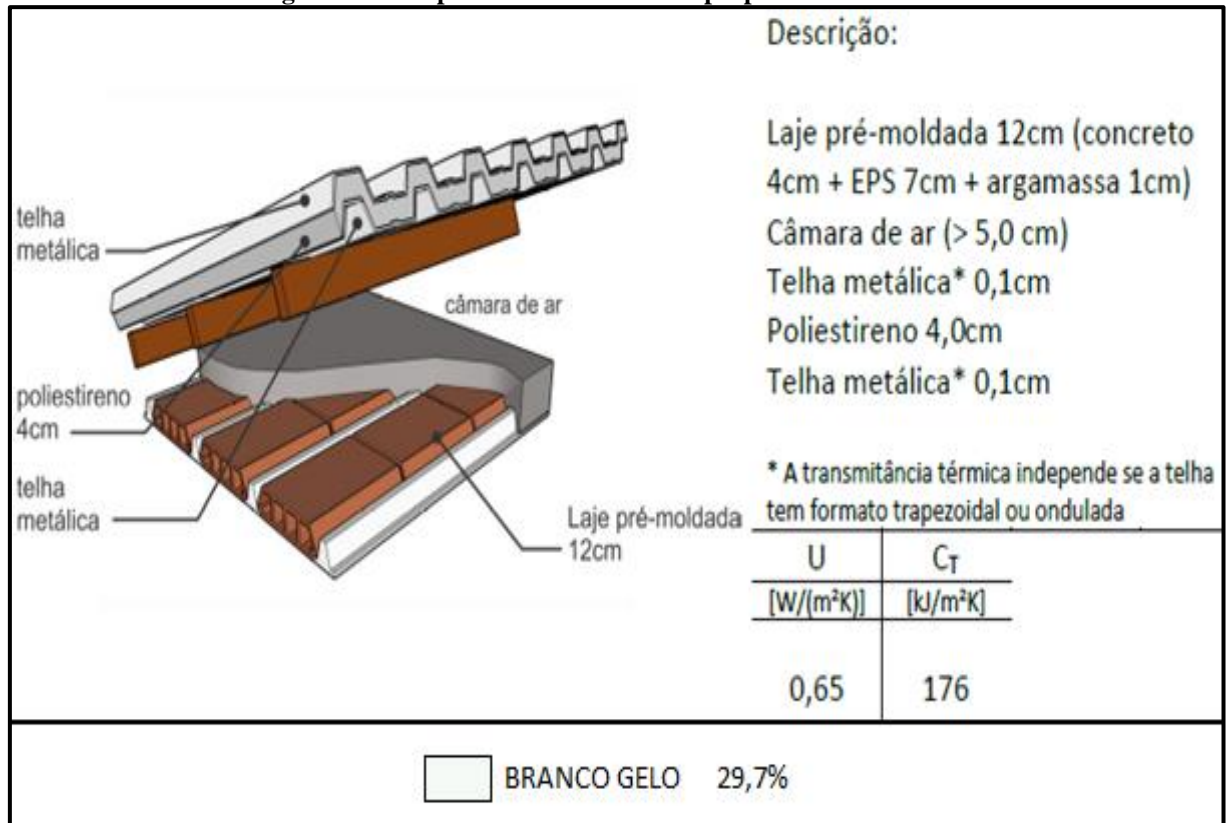
Assim, para se fazer atender os requisitos, as propriedades térmicas devem ser alteradas para valores inferiores aos dos limites, propondo-se então, a mudança das telhas de fibrocimento, por telhas comumente chamadas de sanduiche, que são caracterizadas por duas telhas metálicas e entre elas uma camada de material isolante, como poliuretano ou poliestireno expandido.

Com essa mudança, adotando o isolamento de poliestireno entre as telhas, a configuração da cobertura passaria a ter uma transmitância térmica de $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$, inferior ao limite de $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Também, sugere-se a pintura das telhas da cobertura e das paredes do edifício, com a utilização de cores de absorptância baixa ($\alpha \leq 0,5$), cores claras, como branco gelo ($\alpha = 0,297$). Atingindo-se dessa forma, a eficiência máxima da envoltória, classificando-se como A.

A imagem 16 mostra a configuração da cobertura e as propriedades térmicas das melhorias propostas, e a imagem 17 apresenta a classificação realizada no WebPrescritivo, utilizando os dados dessas melhorias.

Figura 16 – Propriedades térmicas das propostas de melhorias



Fonte: RAC, 2014

Figura 17 – Classificação da envoltória após melhorias

Envoltória

Localização: ☒ Zona Bioclimática ZB 7 ☐ Cidade São Gonçalo PB

☒ Pré-requisitos

U _{COB - AC}	0.65 W/(m²K)	α _{COB}	29.7 %
U _{COB - ANC}	0.65 W/(m²K)	CT _{PAR}	151 kJ/(m²K)
U _{PAR}	2.39 W/(m²K)	α _{PAR}	29.7 %
PAZ	0 %	FS	0

Calcular Eficiência Limpar

A

Dados Dimensionais da Edificação

A _{TOT}	1457.72 m²
A _{PCOB}	823.41 m²
A _{PE}	728.86 m²
V _{TOT}	6916.64 m³
A _{ENV}	2040.82 m²

Características das Aberturas

FS	0.84
PAF _T	13.97 %
PAF _O	18.77 %
AVS	45 °
AHS	7.34 °

Fonte: WebPrescritivo

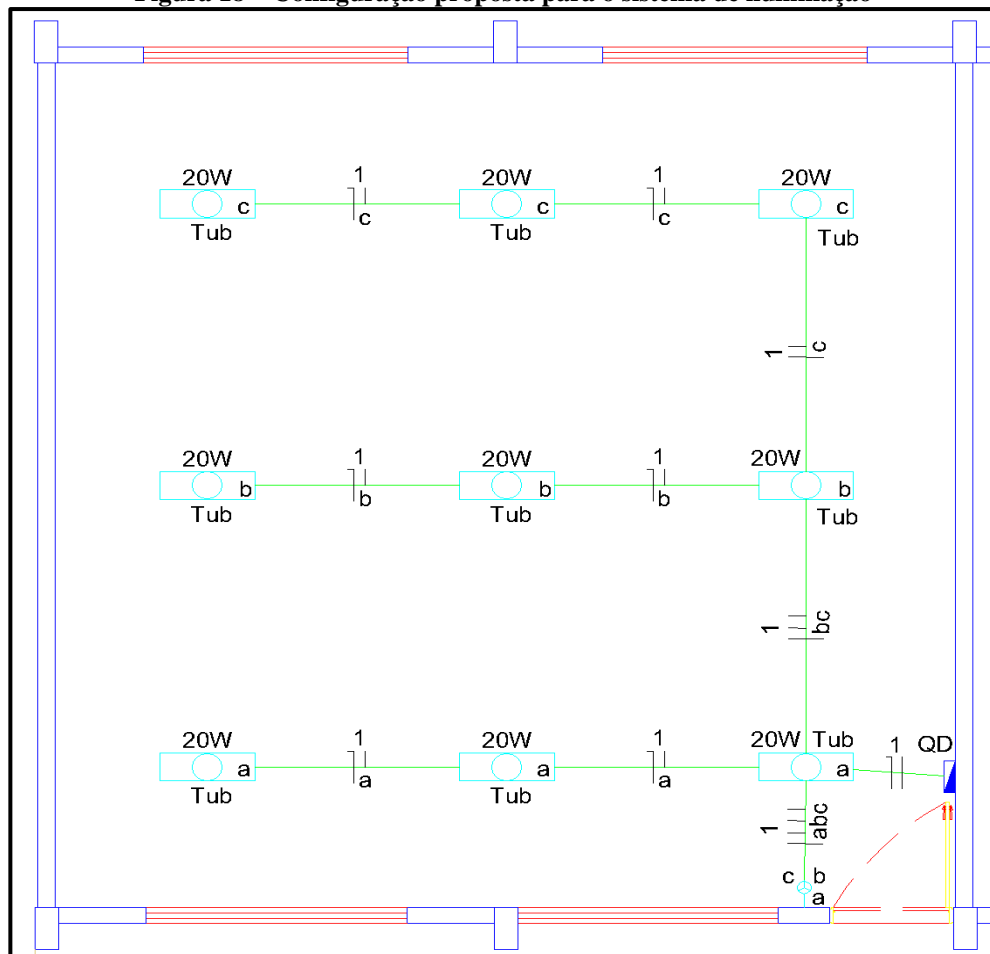
6.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Assim como no sistema de envoltória, a classificação final do sistema de iluminação também caiu para o nível de eficiência C em razão do não atendimento a um dos pré-requisitos, nesse caso o de contribuição da luz natural.

Visto que a edificação aponta uma ótima eficiência acerca da densidade de potência, faz-se necessário, apenas, tornar as exigências do manual satisfeitas para a contribuição da luz natural, resultando a classificação do sistema em A.

A solução para o cumprimento desse requisito consiste em redirecionar os circuitos das luminárias mais próximas das aberturas, de modo que fiquem paralelamente alinhados as janelas, atribuindo um dispositivo de acionamento individual para cada fileira de luminárias, conforme exemplo apresentado na imagem 18 para uma sala, devendo-se replicar para os demais ambientes elegíveis.

Figura 18 – Configuração proposta para o sistema de iluminação



Fonte: Projeto elétrico modificado

Tal modificação transforma a classificação final do sistema para o nível de eficiência A, como é possível observar na avaliação realizada pela ferramenta computacional (Figura 19).

Figura 19 – Classificação da iluminação após melhorias

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☐ Atende ☐ Não atende ☒ Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m²]
1	Escola/Universidade ▼	- 1 +	3200	1220.62

Calcular Eficiência Limpar

A

Fonte: WebPrescritivo

6.3 BONIFICAÇÕES

Dado que o edifício não apresentou nenhuma iniciativa que gerasse economia, estabeleceu-se algumas intervenções para que a eficiência geral seja maximizada, conduzindo além dos sistemas individuais otimizados, um acréscimo de bonificações, conferindo assim o melhor cenário de consumo energético da edificação.

Poderia ser proposta a instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos que proporcionassem pelo menos 10% de economia no consumo anual de energia elétrica, porém devido ao alto valor de aquisição, requer a submissão de um processo à procuradoria do IFPB, no qual sejam apresentadas a justificativa técnica e o demonstrativo de economia com retorno do investimento ao longo do tempo. Medidas como esta devem ser planejadas e previstas no Plano de Trabalho Anual (PTA) da Instituição. Enquadra-se nesse mesmo procedimento a adoção de medidas simples de uso racional da água.

Para a racionalização da água na edificação, é indicado o emprego de vasos sanitários com sistema de acionamento duplo e torneiras com temporizadores e arejadores, que apresentam, para esse caso, uma redução de 37,65% no consumo anual de água. A comprovação

do potencial de economia pode ser verificada através dos cálculos dos consumos demonstrados no Apêndice C.

O RTQ-C estabelece que a economia mínima de 40% no consumo anual de água de uma edificação, proporciona o acréscimo de um ponto extra no cálculo da pontuação total para obtenção da classificação geral do edifício, e que outras porcentagens são proporcionais a esse valor. Assim, para a bonificação proposta, seria acrescido 0,94 na pontuação total.

Tal intervenção já seria o suficiente para que a classificação final do edifício passasse a ser nível A, mesmo que não fossem feitas as melhorias nos sistemas de envoltória e iluminação, já que a pontuação obtida de 4,19 acrescido de 0,94 resultaria na pontuação total de 5,13, o que aponta a classificação A.

7 CONCLUSÃO

O estudo de caso realizado nesse trabalho, objetivou a aplicação da etiqueta PBE Edifica em um bloco de salas de aula recém construído, do IFPB *Campus* Cajazeiras, avaliando os sistemas da edificação, classificando a sua eficiência energética através dos regulamentos do manual de etiquetagem para edifícios comerciais e públicos, o RTQ-C, e propondo melhorias necessárias para ser alcançado o máximo desempenho energético, tornando todos os sistemas eficientes, agregando ainda, medidas que proporcionam mais economia.

A avaliação do sistema de envoltória apresentou um resultado de classe C, devido as cores utilizadas e a cobertura de baixa eficiência térmica. A fim de melhor a classificação, foram propostas mudanças das cores, adotando uma cor que absorve menos calor, e a substituição da coberta por telhas com isolamento térmico, atingindo assim, a classificação A.

O sistema de iluminação possui um ótimo consumo de energia, isso graças ao uso de lâmpadas de LED, que apresenta o mesmo fluxo luminoso comparado a outras lâmpadas, porém com uma potência menor, consumindo menos energia. Contudo, a classificação foi restringida em nível C por não favorecer a contribuição da luz natural, podendo atingir a maior eficiência alterando o circuito de iluminação de modo que possibilite o controle de acionamento independente das luminárias mais próximas das aberturas.

Já o sistema de condicionamento de ar foi o que alcançou o melhor resultado de desempenho energético, obtendo classificação A, pelo fato de todos os equipamentos de refrigeração possuírem etiquetas de classe A, conduzindo a um sistema mais eficiente e de menor consumo de energia.

Além das medias recomendadas para cada sistema, propôs-se ainda soluções que proporcionam mais economia a edificação, por meio da adoção de um sistema fotovoltaicos de cogeração de energia, que possa proporcionar pelo menos 10% de economia no consumo anual de energia elétrica. Além de melhorias no sistema hidrossanitário, como sanitários com duplo acionamento e torneiras de menor vazão, que reduzem o consumo de água e conferem uma bonificação na classificação final.

Estas intervenções poderiam fazer parte de um protocolo de manutenção a ser gerido pelo setor de Manutenção Segurança e Transporte, responsável pela execução de consertos e manutenção no Campus Cajazeiras.

De modo geral, pode-se concluir que o estudo realizado obteve resultados satisfatórios para o desempenho energético do edifício, que apresentou uma classificação final de eficiência

nível B, podendo melhorar a pontuação e atingir o nível A, apenas introduzindo medidas simples de racionalização de água, porém, indica-se a adoção de todas as medidas propostas para que seja alcançada a máxima eficiência energética.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003. 23 p.

BARBOSA, Gisele Silva. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Visões, Macaé, v. 1, n. 4, jan./jun. 2008. Disponível em: http://fsma.edu.br/visoes/edicoes-antiores/docs/4/4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf. Acesso em: 30 nov. 2020

BRASIL. **Decreto nº 9.864**, de 27 de junho de 2019. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9864.htm. Acesso em: 28 out. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 2**, de 4 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/IN%2002-2014%20SLTI-MPOG.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2020

BRASIL. **Lei no 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110295.htm. Acesso em: 28 out. 2020.

BRASIL, Nações Unidas. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil**. s/d. Il. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acessado em: 1 dez. 2020.

ELETROBRÁS *et al.* **Manual para aplicação do RAC**. [s. l.], v. 1. p. 108, 2014. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual_RAC-C_20141215.pdf. Acessado em: 28 out. 2020.

ELETROBRÁS *et al.* **Manual para aplicação do RTQ-C**. [s. l.], v. 4. p. 112, 2016. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf. Acessado em: 28 out. 2020.

ELETROBRÁS *et al.* **Manual para etiquetagem de edificações públicas**. [s. l.], v. 3. p. 119, 2014. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Etiquetagem_Edificacoes_Publicas.pdf. Acessado em: 28 out. 2020

ELETROBRAS; PROCEL. **Resultados Procel 2015 - ano base 2014**. [s. l.], p. 143, 2015. Disponível em:

http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2015/docs/rel_procel2015_web.pdf?1. Acesso em: 28 out. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2019**: Ano base 2018. Rio de Janeiro: EPE, p. 292, 2019. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanço Energético Nacional 2020**: Ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, p. 292, 2020. Disponível em:

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf. Acesso em: 30 nov. 2020.

ITAMARATY. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em:

<http://antigo.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/135-agenda-de-desenvolvimento-pos-2015>. Acesso em: 1 dez. 2020.

ITAMARATY. **A Rio+20 e seus resultados**. Disponível em:

<http://antigo.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/131-a-rio-20-e-seus-resultados>. Acesso em: 30 nov. 2020.

LABEEE. **WebPrescritivo**. Disponível em:

<https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Acesso em: 10 dez. 2020.

PALLADINI, Gustavo Daou. **Análise do investimento necessário para o alcance da máxima classificação de eficiência energética de um edifício**. 2016. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/165496>. Acesso em: 28 out. 2020.

PBE EDIFICA. **Edificações etiquetadas**. Disponível em:

<https://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas>. Acesso em: 7 jan. 2020.

SILVA, Michel Klein Pinheiro da. **Análise econômica de medidas de eficiência energética em um prédio histórico de Florianópolis, de acordo com a nova etiquetagem comercial Procel Edifica**. 2019. 72 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197526/TCC_Michel.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 28 out. 2020.

APÊNDICE A – CÁLCULO DO ÍNDICE DE CONSUMO DA ENVOLTÓRIA

O índice de consumo da envoltória deve ser calculado de acordo com a cidade e Zona Bioclimática em que o edifício estudado está inserido, havendo duas equações por Zona, uma para edificações com área de projeção (A_{PE}) menor que 500 m² e outra para A_{PE} maior que 500 m².

Área de projeção do edifício (A_{PE})

$$A_{PE} = \frac{\sum A_{P.pav}}{n^{\circ} pav} = \frac{A_{P.pav1} + A_{P.pav2}}{2} = \frac{789,41 + 668,31}{2}$$

$$A_{PE} = 728,86 \text{ m}^2$$

Como:

$$A_{PE} > 500 \text{ m}^2$$

Zona Bioclimática 7

Então:

$$IC_{ENV} = -69,48.FA + 1347,78.FF + 37,74.PAF_T + 3,03.FS - 0,13.AVS - 0,19.AHS + \frac{19,25}{FF}$$

$$+ 0,04 \frac{AHS}{(PAF_T.FS)} - 306,35$$

Limite: Fator de forma mínimo (A_{ENV}/V_{TOT}) = 0,17

Fator altura (FA)

$$FA = \frac{A_{PCOB}}{A_{TOT}}$$

Área da projeção da cobertura (A_{PCOB})

$$A_{PCOB} = 13,45 \times 61,22$$

$$A_{PCOB} = 823,41 \text{ m}^2$$

Área total construída (A_{TOT})

$$A_{TOT} = 1457,72 \text{ m}^2$$

$$FA = \frac{823,41}{1457,72}$$

$$FA = 0,56486$$

Fator forma (FF)

$$FF = \frac{A_{ENV}}{V_{TOT}}$$

Área da envoltória (A_{ENV})

É dada pela soma das áreas das fachadas e cobertura.

$$A_{ENV} = \sum A_{fachadas} + A_{cobertura}$$

FACHADA	ÁREA (m ²)
NORTE	102,26
SUL	102,26
LESTE	506,45
OESTE	506,45
TOTAL	1217,41

$$A_{ENV} = 1217,41 + 823,41$$

$$A_{ENV} = 2040,82 \text{ m}^2$$

Volume total da edificação (V_{TOT})

$$V_{TOT} = A_{PCOB} \times altura = 823,41 \times 8,40$$

$$V_{TOT} = 6916,64 \text{ m}^3$$

$$FF = \frac{2040,82}{6916,64}$$

$$FF = 0,29506$$

Fator de forma acima do limite mínimo.

Percentual de abertura na fachada (PAF)

Na determinação do percentual de abertura na fachada, o PAF_T corresponde a um valor médio do percentual de aberturas de todas as fachadas, e deve-se comparar o PAF_T com o PAF da fachada oeste (PAF_O), que em caso do PAF_O ser maior que o PAF_T em pelo menos 20%, utiliza-se o PAF_O no cálculo do índice de consumo.

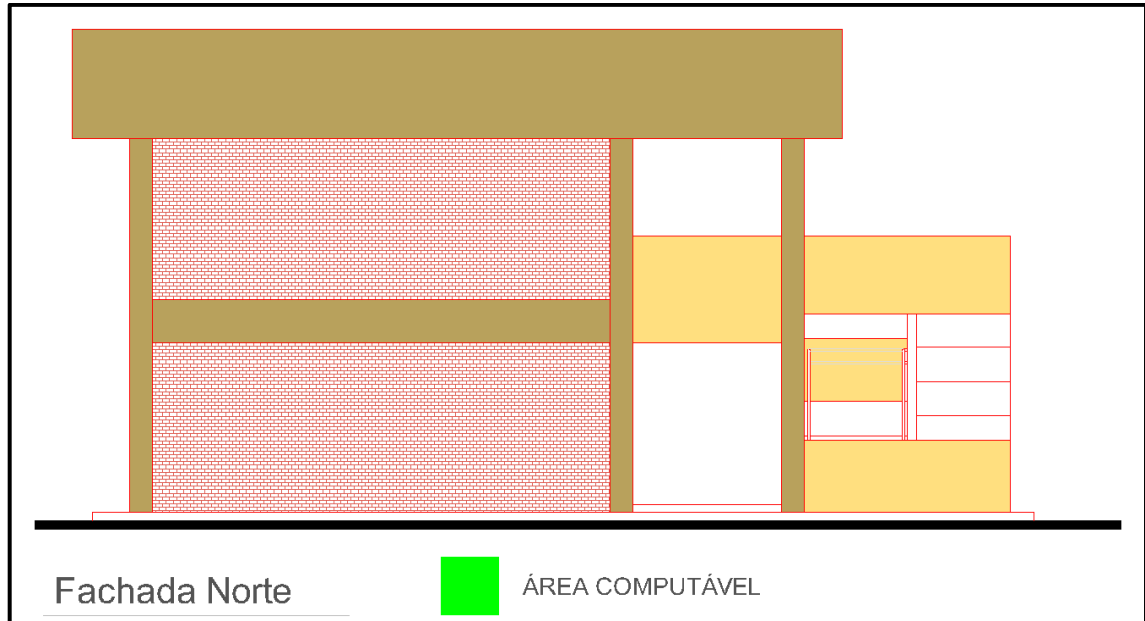
$$PAF_T = \frac{\sum A_{abertura\ total}}{\sum A_{fachada\ total}}$$

$$PAF_O = \frac{\sum A_{abertura\ oeste}}{\sum A_{fachada\ oeste}}$$

Área de abertura na fachada NORTE

$$A_{fachada} = 102,26 \text{ m}^2$$

$$A_{abertura} = 0$$

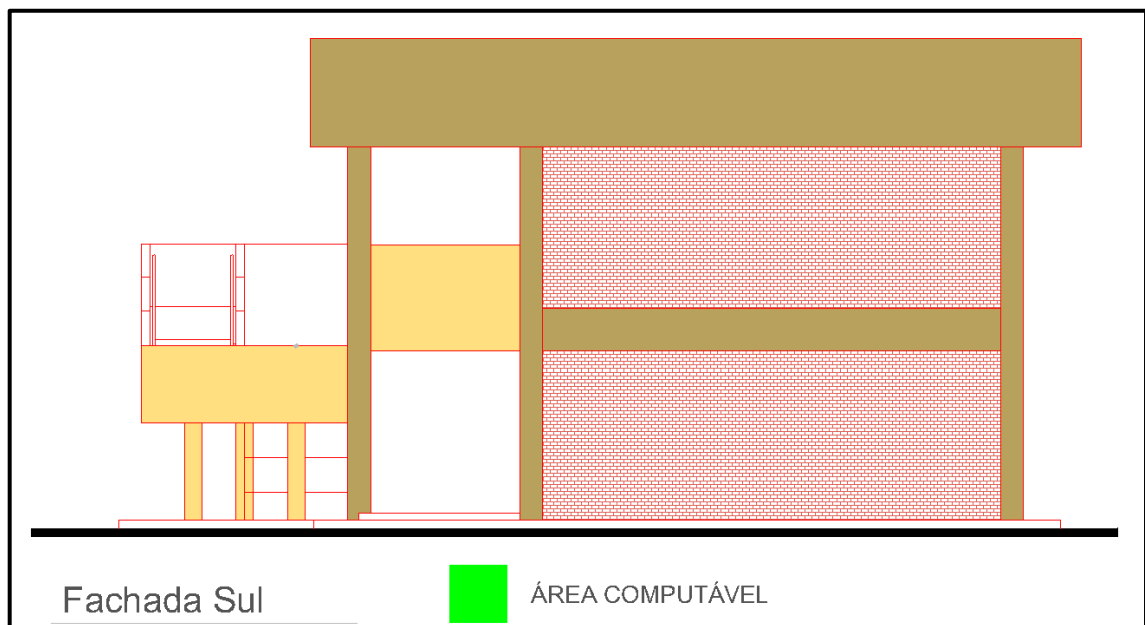


Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICADO

Área de abertura na fachada SUL

$$A_{fachada} = 102,26 \text{ m}^2$$

$$A_{abertura} = 0$$



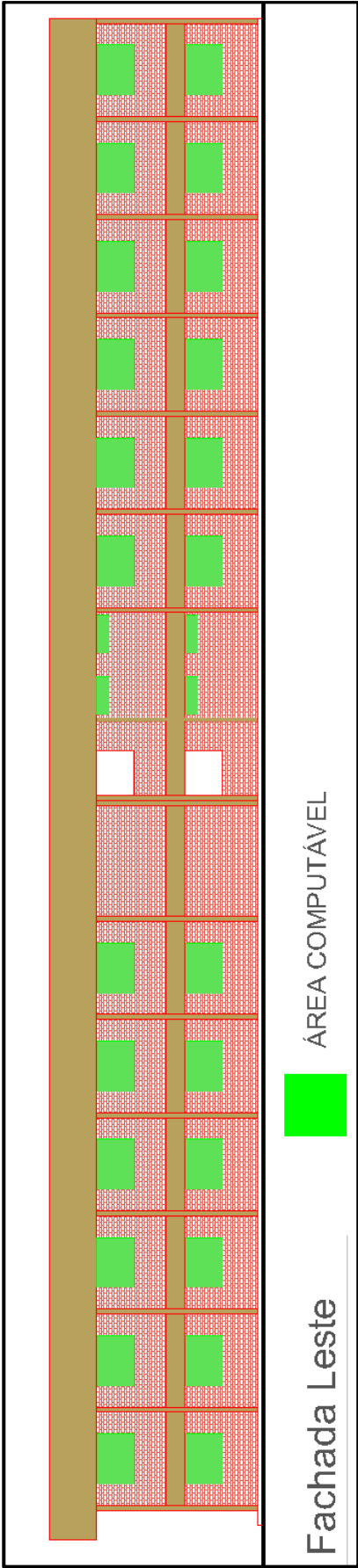
Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICADO

Área de abertura na fachada LESTE

$$A_{fachada} = 506,45 \text{ m}^2$$

$$A_{abertura} = (3,00 \times 24) + (0,75 \times 4)$$

$$A_{abertura} = 75,00 \text{ m}^2$$



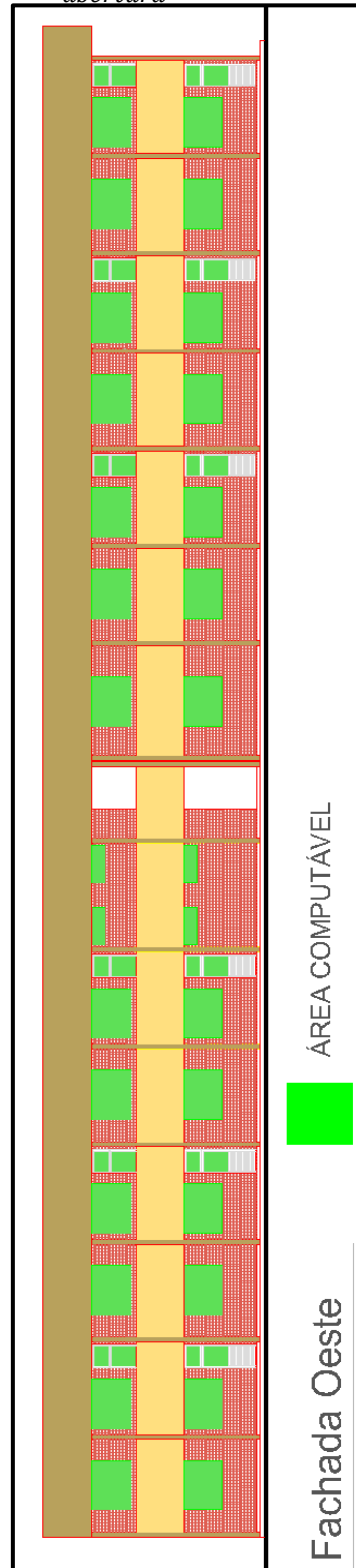
Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICADO

Área de abertura na fachada OESTE

$$A_{fachada} = 506,45 \text{ m}^2$$

$$A_{abertura} = (3,00 \times 26) + (0,75 \times 4) + (1,17 \times 12)$$

$$A_{abertura} = 95,04 \text{ m}^2$$



Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICADO

PAF_T :

$$PAF_T = \frac{(0 + 0 + 75,00 + 95,04)}{1217,41} = 0,1397$$

$$PAF_T = 13,97 \%$$

$$1,2 \cdot PAF_T = 1,2 \times 13,97 \%$$

$$1,2 \cdot PAF_T = 16,76 \%$$

PAF_O :

$$PAF_O = \frac{95,04}{506,45} = 0,1877$$

$$PAF_O = 18,77 \%$$

$$PAF_O > 1,2 \cdot PAF_T$$

Como o PAF_O é mais do que 20% maior que o PAF_T , utiliza-se o PAF_O no cálculo do índice de consumo.

Ângulos de sombreamento (AS)

Os ângulos de sombreamentos são resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas. Na utilização da equação da Zona Bioclimática 7, os ângulos horizontais e verticais de sombreamento possuem um limite máximo de 45° , conforme RTQ-C, em caso de valores acima do limite, usa-se 45° no cálculo do índice de consumo.

$$AS = \frac{\sum A_{ab} \cdot \theta_{sb}}{\sum A_{ab}}$$

Ângulo vertical de sombreamento (AVS)

Como as fachadas Norte e Sul não possuem aberturas, os ângulos verticais de sombreamento são iguais a 0.

Fachada NORTE

$$A_{abertura} = 0$$

$$AVS_N = 0^\circ$$

Fachada SUL

$$A_{abertura} = 0$$

$$AVS_S = 0^\circ$$

Fachada LESTE

$$A_{abertura} = 75,00 \text{ m}^2$$

$$AVS_L = \frac{[(0,75 \times 2)68^\circ + (3,00 \times 12)40^\circ] + [(0,75 \times 2)17^\circ + (3,00 \times 12)14^\circ]}{75,00}$$

$$AVS_L = \frac{[102 + 1440] + [25,50 + 504]}{75,00} = \frac{2071,50}{75,00}$$

$$AVS_L = 27,62^\circ$$

Fachada OESTE

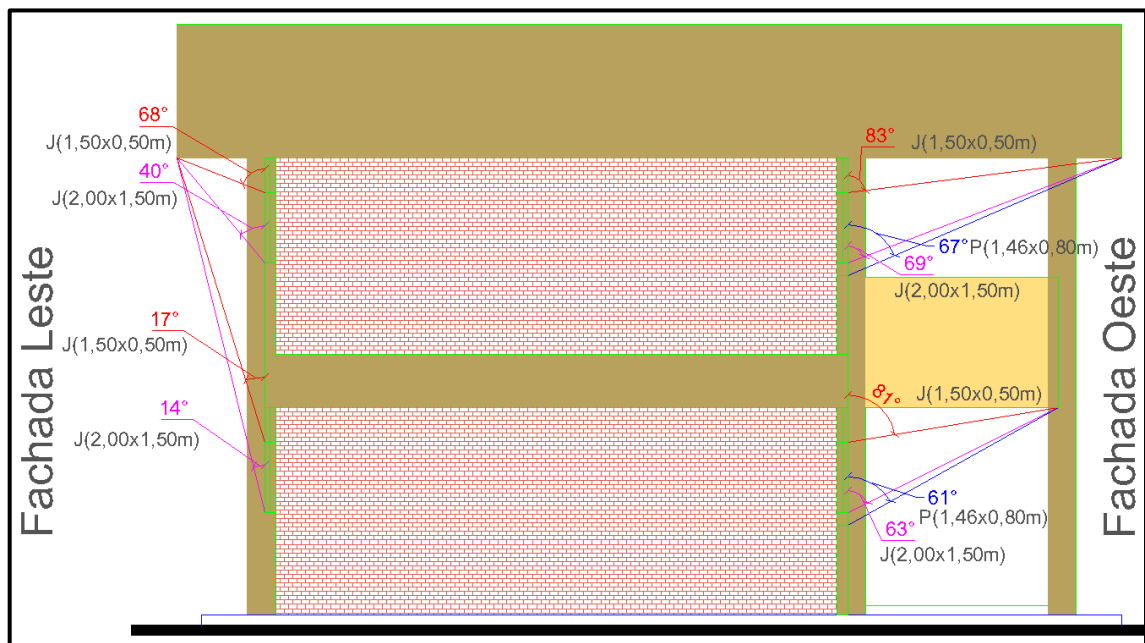
$$A_{abertura} = 95,04 \text{ m}^2$$

$$AVS_L = \frac{[(0,75 \times 2)83^\circ + (3,00 \times 13)69^\circ + (1,17 \times 6)67^\circ]}{95,04}$$

$$+ \frac{[(0,75 \times 2)81^\circ + (3,00 \times 13)63^\circ + (1,17 \times 6)61^\circ]}{95,04}$$

$$AVS_L = \frac{[124,50 + 2691 + 470,34] + [121,50 + 2457 + 428,22]}{95,04} = \frac{6292,56}{95,04}$$

$$AVS_L = 66,21^\circ$$



Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICADO

Portanto:

$$AVS = \frac{(0 \times 0^\circ) + (0 \times 0^\circ) + (75,00 \times 27,62^\circ) + (95,04 \times 66,21^\circ)}{0 + 0 + 75,00 + 95,04}$$

$$AVS = \frac{0 + 0 + 2071,50 + 6292,60}{170,04} = \frac{8364,10}{170,04}$$

$$AVS = 49,19^\circ$$

Como supera o limite estabelecido no manual, deve-se utilizar 45°.

Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)

Os ângulos horizontais de sombreamento das fachadas Norte e Sul, também são iguais a 0 por não possuírem aberturas.

Fachada NORTE

$$\begin{aligned} A_{abertura} &= 0 \\ AHS_N &= 0^\circ \end{aligned}$$

Fachada SUL

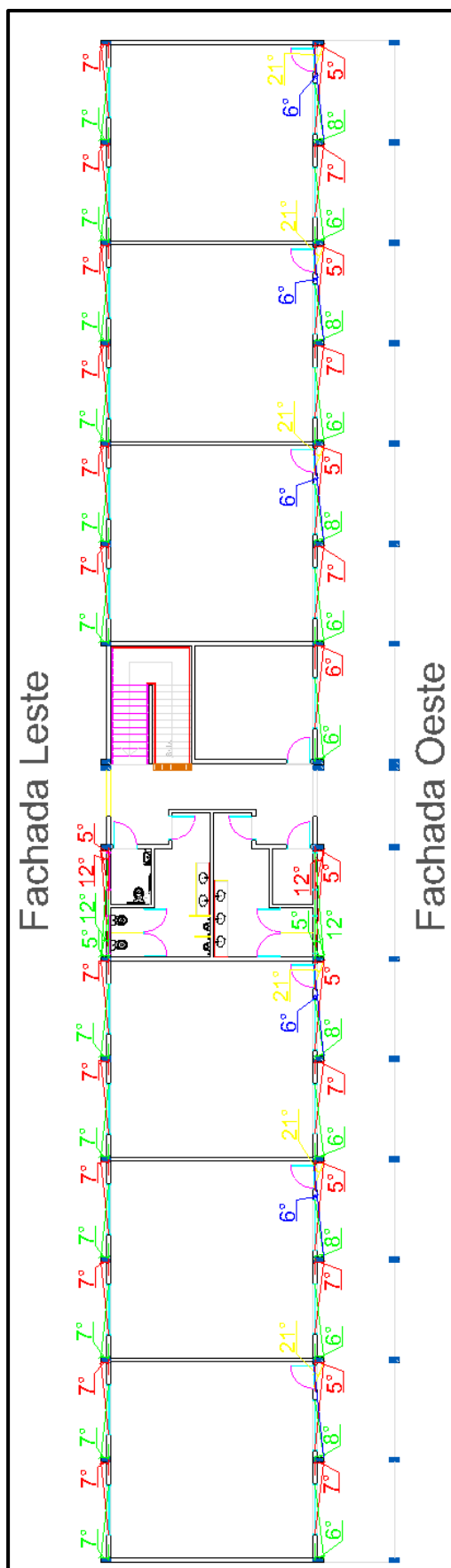
$$\begin{aligned} A_{abertura} &= 0 \\ AHS_S &= 0^\circ \end{aligned}$$

Fachada LESTE

$$\begin{aligned} A_{abertura} &= 75,00 \text{ m}^2 \\ AHS_L &= \frac{\left[(3,00 \times 24) x \frac{(7^\circ + 7^\circ)}{2} \right] + \left[(0,75 \times 4) x \frac{(5^\circ + 12^\circ)}{2} \right]}{75,00} \\ AHS_L &= \frac{[72,00 \times 7^\circ] + [3,00 \times 8,5^\circ]}{75,00} \\ AHS_L &= \frac{504 + 25,50}{75,00} = \frac{529,50}{75,00} \\ AHS_L &= 7,06^\circ \end{aligned}$$

Fachada OESTE

$$\begin{aligned} A_{abertura} &= 95,04 \text{ m}^2 \\ AHS_O &= \frac{\left[(3,00 \times 12) x \frac{(6^\circ + 7^\circ)}{2} \right] + \left[(3,00 \times 12) x \frac{(5^\circ + 8^\circ)}{2} \right] + \left[(0,75 \times 4) x \frac{(5^\circ + 12^\circ)}{2} \right]}{95,04} \\ &\quad + \frac{\left[(3,00 \times 2) x \frac{(6^\circ + 6^\circ)}{2} \right] + \left[(1,17 \times 12) x \frac{(6^\circ + 21^\circ)}{2} \right]}{95,04} \\ AHS_O &= \frac{[36,00 \times 6,5^\circ] + [36,00 \times 6,5^\circ] + [3,00 \times 8,5^\circ] + [6,00 \times 6^\circ] + [14,04 \times 13,5^\circ]}{95,04} \\ AHS_O &= \frac{234 + 234 + 25,50 + 36 + 189,54}{95,04} = \frac{719,04}{95,04} \\ AHS_O &= 7,57^\circ \end{aligned}$$



Fonte: PROJETO ARQUITETÔNICO MODIFICADO

Portanto:

$$AHS = \frac{(0 \times 0^\circ) + (0 \times 0^\circ) + (75,00 \times 7,06^\circ) + (95,04 \times 7,57^\circ)}{0 + 0 + 75,00 + 95,04}$$

$$AHS = \frac{0 + 0 + 529,50 + 719,45}{170,04} = \frac{1248,95}{170,04}$$

$$AHS = 7,34^\circ$$

Fator solar (FS)

O projeto arquitetônico do edifício especifica os materiais a serem utilizados, porém não determinou o fator solar e o fabricante dos vidros, devido a isso utilizou-se o catálogo do fabricante Cebrace, para as mesmas configurações de vidro estabelecido no projeto, vidro laminado verde de 6 mm.

$$FS = 41,5 \%$$

A tabela a seguir reúne os dados calculados a serem utilizados para a determinação do índice de consumo da envoltória.

DADOS		
FATOR ALTURA	FA	0,56486
FATOR FORMA	FF	0,29506
PERCENTUAL DE ABERTURA NA FACHADA OESTE	PAF_o	18,77 %
ÂNGULO VERTICAL DE SOMBREAMENTO	AVS	45°
ÂNGULO HORIZONTAL DE SOMBREAMENTO	AHS	7,34°
FATOR SOLAR	FS	41,5 %

Assim:

$$IC_{ENV} = -69,48. (0,56486) + 1347,78. (0,29506) + 37,74. (0,1877) + 3,03. (0,415) - 0,13. (45)$$

$$- 0,19. (7,34) + \frac{19,25}{(0,29506)} + 0,04 \frac{(7,34)}{(0,1877). (0,415)} - 306,35$$

$$IC_{ENV} = -39,24647 + 397,67597 + 7,08380 + 1,25745 - 5,85 - 1,39460 + 65,24097$$

$$+ 3,76916 - 306,35$$

$$IC_{ENV} = 122,19$$

Esse índice de consumo deve ser comparado em uma escala numérica que descreve os níveis de classificação variando de A a E, quanto menor o indicador obtido, maior será a eficiência da envoltória do edifício.

Através de parâmetros de entrada fornecidos pelo RTQ-C, calcula-se o limite máximo ($IC_{MÁX}$), que representa o indicador máximo para que a edificação obtenha classificação D, e o limite mínimo ($IC_{MÍN}$), por meio da mesma equação do IC para essa volumetria da edificação, configurando o intervalo que o objeto de estudo deve estar inserido.

Para o $IC_{MÁX}$, temos:

PARÂMETROS DE ENTRADA	
PAF_T	60 %
AVS	0
AHS	0
FS	61 %

$$IC_{MÁX} = -69,48 \cdot (0,56486) + 1347,78 \cdot (0,29506) + 37,74 \cdot (0,60) + 3,03 \cdot (0,61) - 0,13 \cdot (0) - 0,19 \cdot (0) + \frac{19,25}{(0,29506)} + 0,04 \frac{(0)}{(0,60) \cdot (0,61)} - 306,35$$

$$IC_{MÁX} = -39,24647 + 397,67597 + 22,644 + 1,8433 - 0 - 0 + 65,24097 + 0 - 306,35$$

$$IC_{MÁX} = 141,81$$

Para o $IC_{MÍN}$, temos:

PARAMETROS DE ENTRADA	
PAF_T	5 %
AVS	0
AHS	0
FS	87 %

$$IC_{MÍN} = -69,48 \cdot (0,56486) + 1347,78 \cdot (0,29506) + 37,74 \cdot (0,05) + 3,03 \cdot (0,87) - 0,13 \cdot (0) - 0,19 \cdot (0) + \frac{19,25}{(0,29506)} + 0,04 \frac{(0)}{(0,05) \cdot (0,87)} - 306,35$$

$$IC_{MÍN} = -39,24647 + 397,67597 + 1,887 + 2,6361 - 0 - 0 + 65,24097 + 0 - 306,35$$

$$IC_{MÍN} = 121,84$$

O intervalo da escala numérica é dividido em 4 partes (i), que representam os níveis de classificação, e calculado a partir dos limites máximo e mínimo.

$$i = \frac{IC_{MÁX} - IC_{MÍN}}{4} = \frac{141,81 - 121,84}{4} = \frac{19,97}{4}$$

$$i = 4,99$$

Verificando a tabela 3.4 do manual de etiquetagem RTQ-C, obtemos os limites dos intervalos dos níveis de eficiência, preenchendo-se com os indicadores calculados.

Temos:

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
LIM MÍN	—	$IC_{MÁX} - 3i + 0,01$	$IC_{MÁX} - 2i + 0,01$	$IC_{MÁX} - i + 0,01$	$IC_{MÁX} + 0,01$
LIM MÁX	$IC_{MÁX} - 3i$	$IC_{MÁX} - 2i$	$IC_{MÁX} - i$	$IC_{MÁX}$	—

Assim:

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E	EDÍFICIO
LIM MÍN	—	126,84	131,84	136,83	141,82	122,19
LIM MÁX	126,83	131,83	136,82	141,81	—	

Classificação da eficiência da envoltória nível A.

APÊNDICE B – CÁLCULOS DAS ÁREAS ÚTEIS E PONTUAÇÃO TOTAL

Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada (ANC)

$$ANC = 0$$

Área útil (AU)

Área útil 1º pavimento

$$AU_{1^\circ \text{ pavimento}} = AU_{\text{circulação+escada}} + AU_{\text{salas}} + AU_{\text{banheiros}}$$

$$AU_{\text{circulação+escada}} = 181,52 + 21,30 + 7,20 = 210,02 \text{ m}^2$$

$$AU_{\text{salas}} = (62,00 \times 6) + 21,01 = 393,01 \text{ m}^2$$

$$AU_{\text{banheiros}} = (14,70 \times 2) + (3,52 \times 2) = 36,44 \text{ m}^2$$

$$AU_{1^\circ \text{ pavimento}} = AU_{\text{circulação+escada}} + AU_{\text{salas}} + AU_{\text{banheiros}}$$

$$AU_{1^\circ \text{ pavimento}} = 210,02 + 393,01 + 36,44 = 639,47 \text{ m}^2$$

Área útil 2º pavimento

$$AU_{2^\circ \text{ pavimento}} = AU_{\text{circulação+escada}} + AU_{\text{salas}} + AU_{\text{banheiros}}$$

$$AU_{\text{circulação+escada}} = 179,62 + 21,30 + 7,20 = 208,12 \text{ m}^2$$

$$AU_{\text{salas}} = (62,00 \times 6) + 21,01 = 393,01 \text{ m}^2$$

$$AU_{\text{banheiros}} = (14,70 \times 2) + (3,52 \times 2) = 36,44 \text{ m}^2$$

$$AU_{2^\circ \text{ pavimento}} = 208,12 + 393,01 + 36,44 = 637,57 \text{ m}^2$$

Área útil total

$$AU = AU_{1^\circ \text{ pavimento}} + AU_{2^\circ \text{ pavimento}} = 639,47 + 637,57$$

$$AU = 1277,04 \text{ m}^2$$

Área condicionada (AC)

Somente os ambientes das salas e coordenações são condicionados artificialmente.

$$AC = AU_{\text{salas}} = (393,01 \times 2)$$

$$AC = 786,02 \text{ m}^2$$

Área útil dos ambientes de permanência transitória (APT)

Enquadram os ambientes das circulações, escadas e banheiros.

$$APT = AU_{\text{circulação+escada}} + AU_{\text{banheiros}} = 210,02 + 208,12 + (36,44 \times 2)$$

$$APT = 491,02 \text{ m}^2$$

Aplicação da equação de pontuação total (PT)

De posse de todos os dados necessários pode-se calcular a pontuação total da edificação.

PARAMETROS DE ENTRADA	
EqNumEnv	3
EqNumDPI	3,35
EqNumCA	5
EqNumV	1
AU	1277,04
AC	786,02
APT	491,02
ANC	0
B	0

$$\begin{aligned}
 PT &= 0,30 \left\{ \left(EqNumEnv \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + 0,30(EqNumDPI) \\
 &\quad + 0,40 \left\{ \left(EqNumCA \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + B_0^1 \\
 PT &= 0,30 \left\{ \left(3 \frac{786,02}{1277,04} \right) + \left(\frac{491,02}{1277,04} 5 + \frac{0}{1277,04} 1 \right) \right\} + 0,30(3,35) \\
 &\quad + 0,40 \left\{ \left(5 \frac{786,02}{1277,04} \right) + \left(\frac{491,02}{1277,04} 5 + \frac{0}{1277,04} 1 \right) \right\} + 0
 \end{aligned}$$

$$PT = 4,14$$

APÊNDICE C – CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA

Primeiramente serão calculados os consumos da edificação, com e sem a utilização dos equipamentos de racionalização de água, comparando os resultados obtendo a porcentagem de economia.

Estimativa populacional da edificação

O edifício possui 12 salas de aula e 2 coordenações, será considerado uma média de 25 pessoas por sala e 2 pessoas por coordenação, totalizando 304 pessoas. Para considerar no cálculo o uso de mictórios e sanitários, a população será constituída 50% de homens e 50% de mulheres.

A frequência de utilização e consumo dos equipamentos (vaso sanitário, mictório e torneira do lavatório) foram retiradas das tabelas M2.1 e M2.2 do manual RTQ-C.

ESTIMATIVA DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA (SEM RACIONALIZAÇÃO)				
EQUIPAMENTOS	USUÁRIO	USO/DIA	CONS. X EQUIP. (L)	CONSUMO (L)
SANITÁRIO	152 (masculino)	1	6,08	924,16
	152 (feminino)	3	6,08	2772,48
MICTÓRIO	152 (masculino)	2	3,80	1155,20
TORNEIRA LAVATÓRIO	304	3	2,1 (0,14 l/s x 15s)	1915,20
TOTAL				6767,04

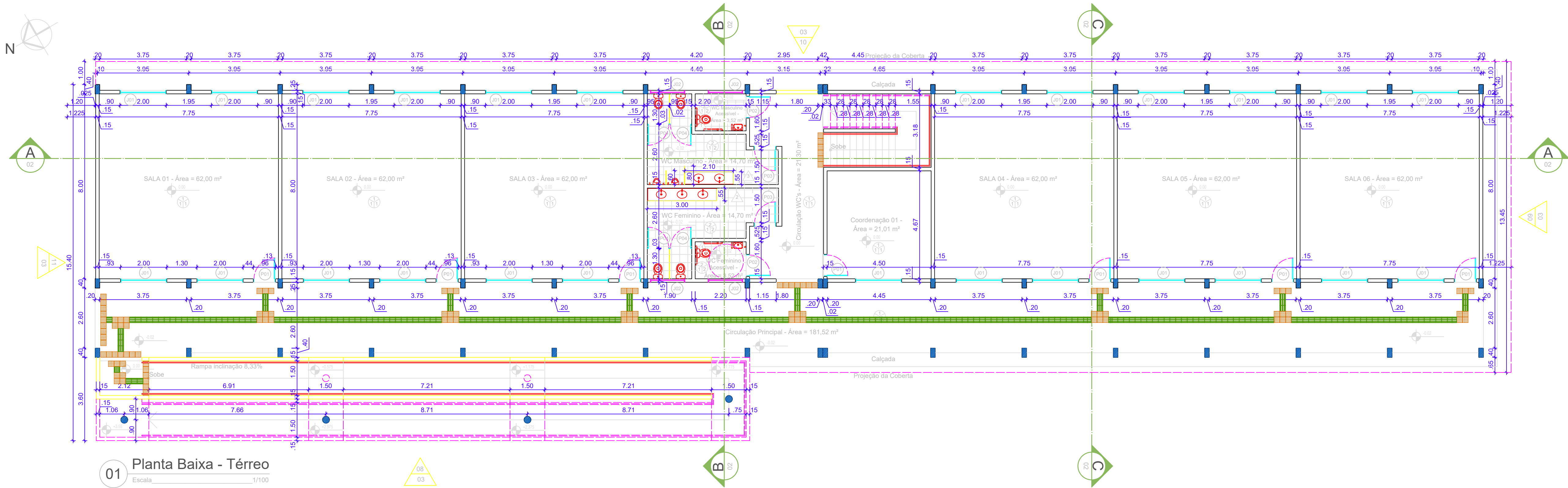
ESTIMATIVA DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA (COM RACIONALIZAÇÃO)				
EQUIPAMENTOS	USUÁRIO	USO/DIA	CONS. X EQUIP. (L)	CONSUMO (L)
SANITÁRIO	152 (masculino)	1	6	912,00
	152 (feminino)	1	6	912,00
	152 (feminino)	2	3	912,00
MICTÓRIO	152 (masculino)	2	3,80	1155,20
TORNEIRA LAVATÓRIO	304	3	0,36 (0,03 l/s x 12s)	328,32
TOTAL				4219,52

Para o cálculo da estimativa do consumo com a utilização dos dispositivos de racionalização de água, foram considerados vasos sanitários com caixa acoplada de duplo acionamento (3 e 6 litros), e torneiras com temporizador (12 segundos) e arejador redutor de vazão (0,03 litros).

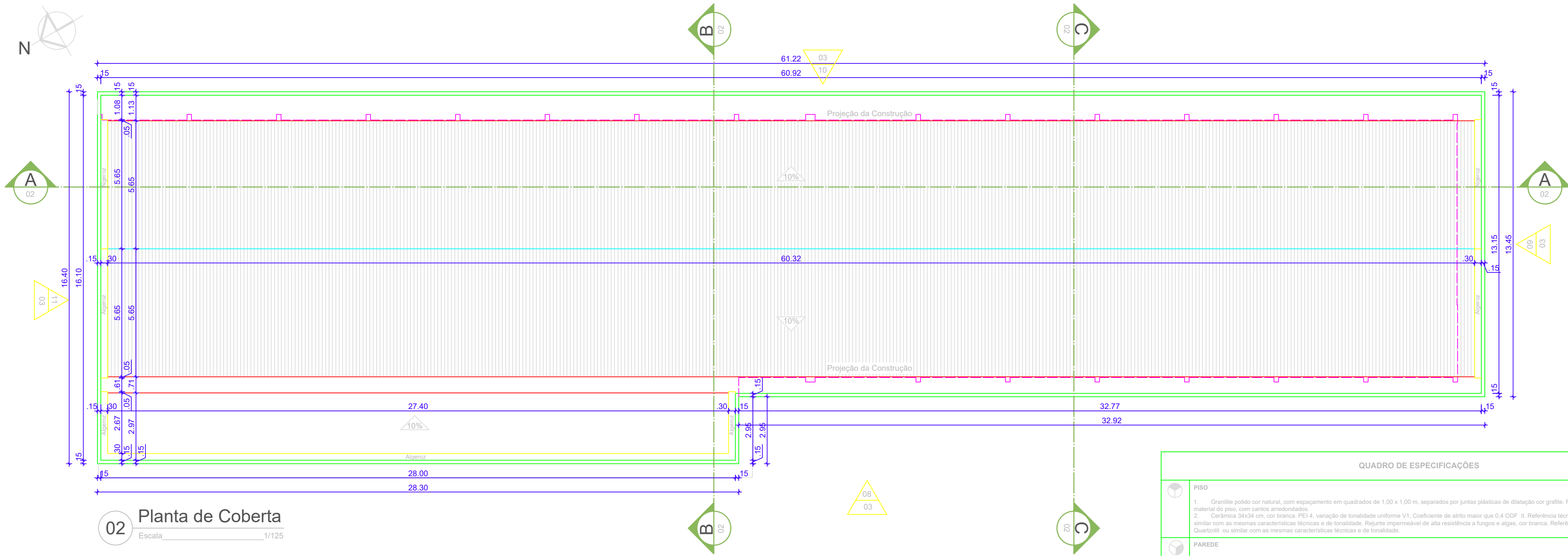
O manual determina que o potencial de economia deve ser calculado para todo o ano, sendo necessário multiplicar o valor diário pela quantidade de dias de funcionamento do edifício, mas como ele funcionará apenas em dias úteis e considerando que não haverá outros padrões de consumo, utilizou-se apenas o consumo diário para efeito de cálculo.

O consumo de água diário de referência é de 6767,04 litros, e a estimativa de consumo com a implantação dos equipamentos é de 4219,52 litros, indicando uma economia de 2547,52 litros por dia, representando um potencial econômico no consumo anual de água de 37,65 %.

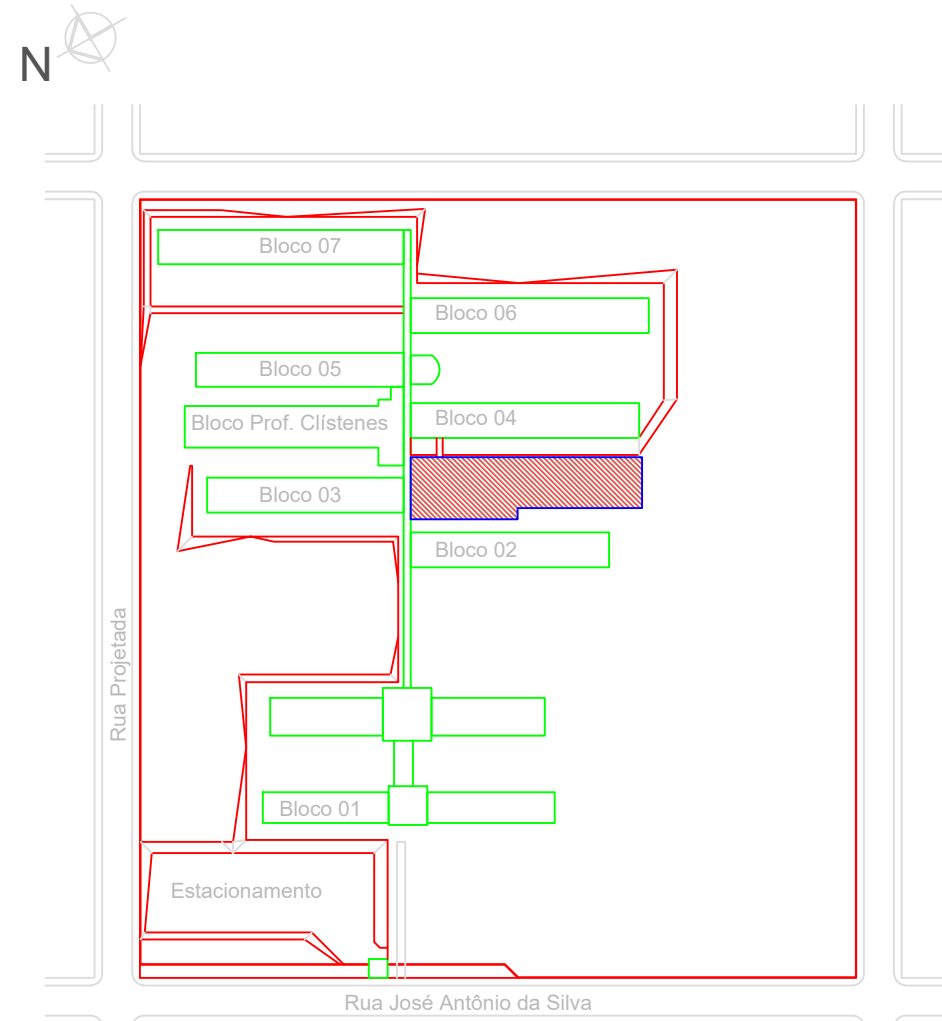
**ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO DO BLOCO DE ENGENHARIA CIVIL
DO CAMPUS CAJAZEIRAS**



01 Planta Baixa - Térreo
Escala 1/100



02 Planta de Coberta
Escala 1/125



03 Implantação - esquemática
Escala 1/2000

QUADRO DE GERAL DE ABERTURAS						
ESQ.	DIMENSÕES		QUANT.	ÁREAS		OBSERVAÇÕES
	Vão da Esquadria	Vão livre		Área útil	Área total	
P 01	0,96 x 2,80	0,00 x 2,10	14	2,89	37,68	De aço, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.
P 02	0,96 x 2,80	0,00 x 2,10	04	2,89	10,76	De aço, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.
P 03	0,96 x 2,80	0,00 x 2,10	04	2,89	10,76	De aço, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.
P 04	0,95 x 1,50	0,00 x 1,80	08	1,42	11,36	De aço, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.
J 01	2,00 x 1,50	-	50	3,00	150,00	De correr, 2 folhas móveis, bandeira móvel manual ar.
J 02	1,500 x 2,30	-	08	0,75	6,00	Maximar, 3 folhas móveis.

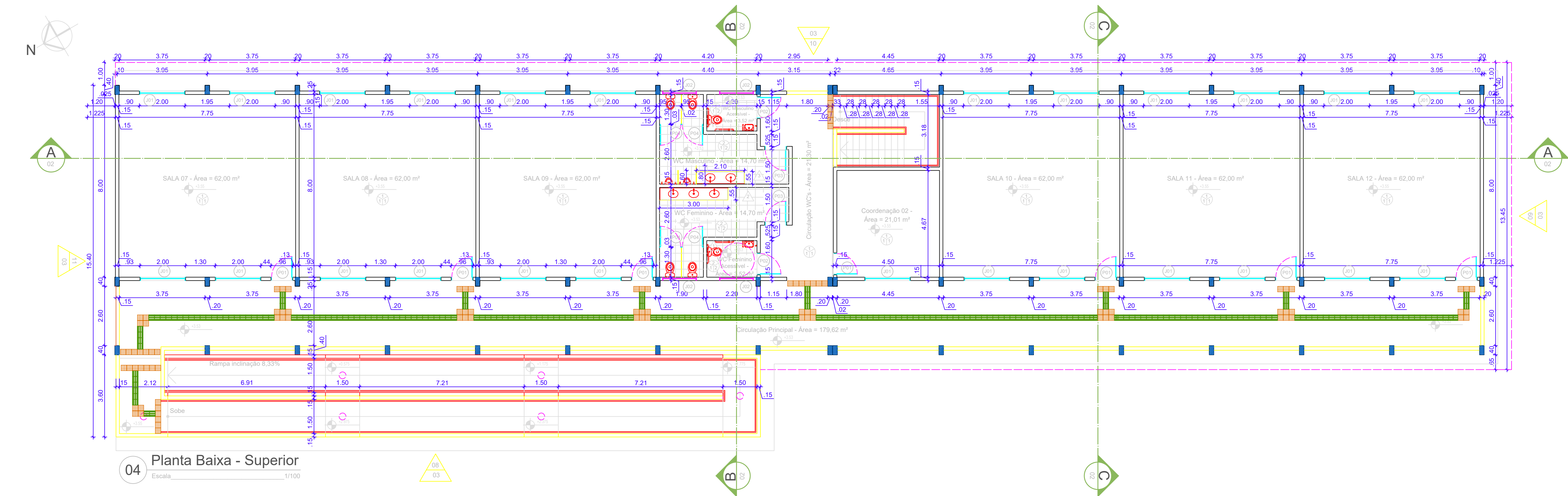
QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES	
	PISO Granilite polida cor natural, com espaçamento em quadros de 1,00 x 1,00 m, separados por juntas plásticas de dilatação cor grafite. Rodapé de 8 cm de altura no mesmo material do piso, com cantos arredondados. 2 - Cerâmica 34x34 cm, cor branca. PEI 4, variação de tonalidade uniforme V1. Coeficiente de atrito maior que 0,4 COF. II. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal cor branco ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento profundo ou semi-brilho, cor branco gelo. Quartzoil ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade.
	PAREDE 1 - Cerâmica até altura de 1,05 m e Pintura. Cerâmica 34x34 cm, PEI não aplicável, cor branca. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal cor branca. Rejunte impermeável de alta resistência a fungos e água, cor branca ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Referência técnica: Rejuntamento epóxi Quartzoil ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. 2 - Cerâmica 34x34 cm, cor branca. PEI não aplicável, cor branca. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal cor branca. Rejunte impermeável de alta resistência a fungos e água, cor branca ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Referência técnica: Rejuntamento epóxi Quartzoil ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. 3 - Casquinha e pintura. Revestimento com casquinha cerâmica, (lâminas de 7x22 cm) com baixa absorção de água, na cor vermelha. Acabamento com hidrogelante para fachadas à base de silicone (protector). Rejunte flexível, fissado, cor marrom tabaco. Referência técnica: Rejuntamento flexível Quartzoil ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento fosco, cor branco neve fosco. Referência técnica: Tinta acrílica Coralair 001 FO Branco Neve.
	TETO 1 - Forro de gesso com acabamento em pintura acrílica com emassamento, executada em duas demãos, cor branco neve fosco. Referência técnica: Tinta acrílica Coralair 001 FO Branco Neve.
	OUTROS 1 - Lavatório suspenso de louça, cor branca. Referência técnica: Lavatório Deca Izy L 15.17. Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com 2 opções de acionamento (3 e 6 litros), cor branca, altura para o assento de 6,44 m. Referência técnica: Deca Linha Izy Corbora P 113 (bacia) CDC 017 (caixa acoplada). Assento de políster, na cor branca. 2 - Banco de granito verde Ubatuba espessura 20 mm, com tábua em louça, de embutir, oval 33x47 cm, cor branca. Referência técnica: Deca L37. Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com 2 opções de acionamento (3 e 6 litros), cor branca. Referência técnica: Deca Linha Izy P 111 (bacia) CD 00F (caixa acoplada). Assento com tampa de políster, na cor branca. 3 - Banco de granito verde Ubatuba espessura 20 mm, com cuba em louça, de embutir, oval 33x47 cm, cor branca. Referência técnica: Deca L37. Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com 2 opções de acionamento (3 e 6 litros), cor branca. Referência técnica: Deca Linha Izy P 111 (bacia) CD 00F (caixa acoplada). Assento com tampa de políster, na cor branca. Molinete de louça branco com alça integrada M 715 Deca, ou similar de igual qualidade e padrão no mercado.
OBSERVAÇÕES COBERTA: Telha ondulada 6mm, sem amianto, medindo 1,10 m de largura e comprimento 1,53 m com sobreponto mínimo de 0,14 m. Referência técnica: Telha Ondulada Brasil ou similar com as mesmas características técnicas. REVESTIMENTO E PINTURA EXTERNOS • Revestimento em casquinha cerâmica (lâminas de 7x22 cm) com baixa absorção de água, na cor vermelha. Acabamento com hidrogelante para fachadas à base de silicone (protector). Rejunte flexível hidrogelado, fissado, na mesma cor do casquinha. • Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento fosco, cores conforme indicado na fachada. CORRIMAOS: Tubo redondo de aço galvanizado, diâmetro de 40 mm, acabamento em pintura com esmalte sintético, fosco, na cor preta. Referência técnica: Coralair Preto FO 008, ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. No início e no final dos corredores deve ser colocada a sinalização tátil, em alto relevo e braille, identificando o pavimento. SOLEIRAS: Devem ser colocadas soleiras de granito verde Ubatuba, espessura 20 mm, em todas as portas fixadas em alvenaria, a largura deve ser de 15 cm para alvenaria de 2 vez, comprimento de acordo com a largura da porta. Onde houver desnível a soleira deve ser inclinada de forma a fazer a concordância entre os dois pisos. ESCADAS: Piso e espelho de granito verde Ubatuba 20mm, com rodapé do mesmo material a altura de 5 cm. Devem ser colocadas, nos degraus e nos espelhos, faixas adesivas antiderrapantes fotoluminescentes com largura igual a 3 cm e comprimento igual a extensão do degrau. RAMPA: Piso de granilite lavado cor natural, com espaçamento em quadros de 1,00 x1,00 m, separados por juntas plásticas de dilatação cor grafite. Rodapé de 8 cm de altura no mesmo material do piso, com cantos arredondados. DIVISÓRIAS BANHEIROS: Granito preto ou verde Ubatuba espessura 20 mm e altura 1,80 m. BARRAS DE APOIO: Em aço inox AISI 304 diâmetro 40 mm (as barras de 40 cm devem ter diâmetro máximo de 35 mm). Sendo, junto à bacia sanitária: 1 barra horizontal lateral de 80 cm, 1 barra horizontal ao fundo de 80 cm e uma barra vertical lateral de 70 cm. Junto ao lavatório: 1 barra em "U" horizontal na lateral de 30 cm e 1 barra vertical lateral (junto à parede) de 40 cm. PISO TÁTIL, ALERTA INTERNO: borachas sintéticas medindo 250x250x30mm, cor preta. PISO TÁTIL, DIRECIONAL, INTERNO: borachas sintéticas medindo 250x250x30mm, cor preta.	

ASSINATURA DO PROPRIETÁRIO

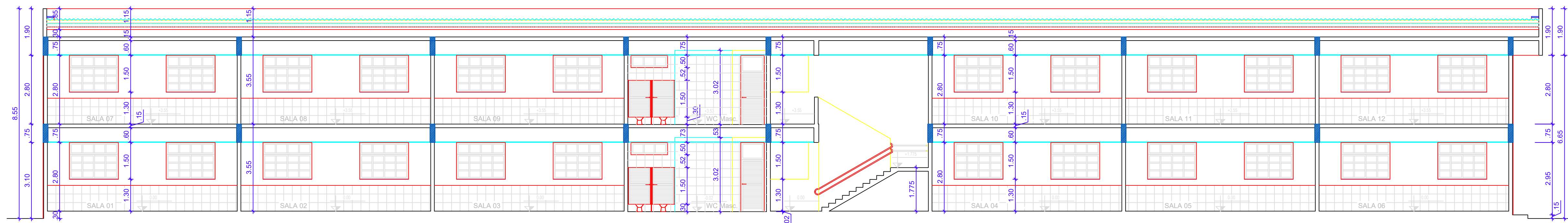
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO

ASSINATURA DO CONSTRUTOR

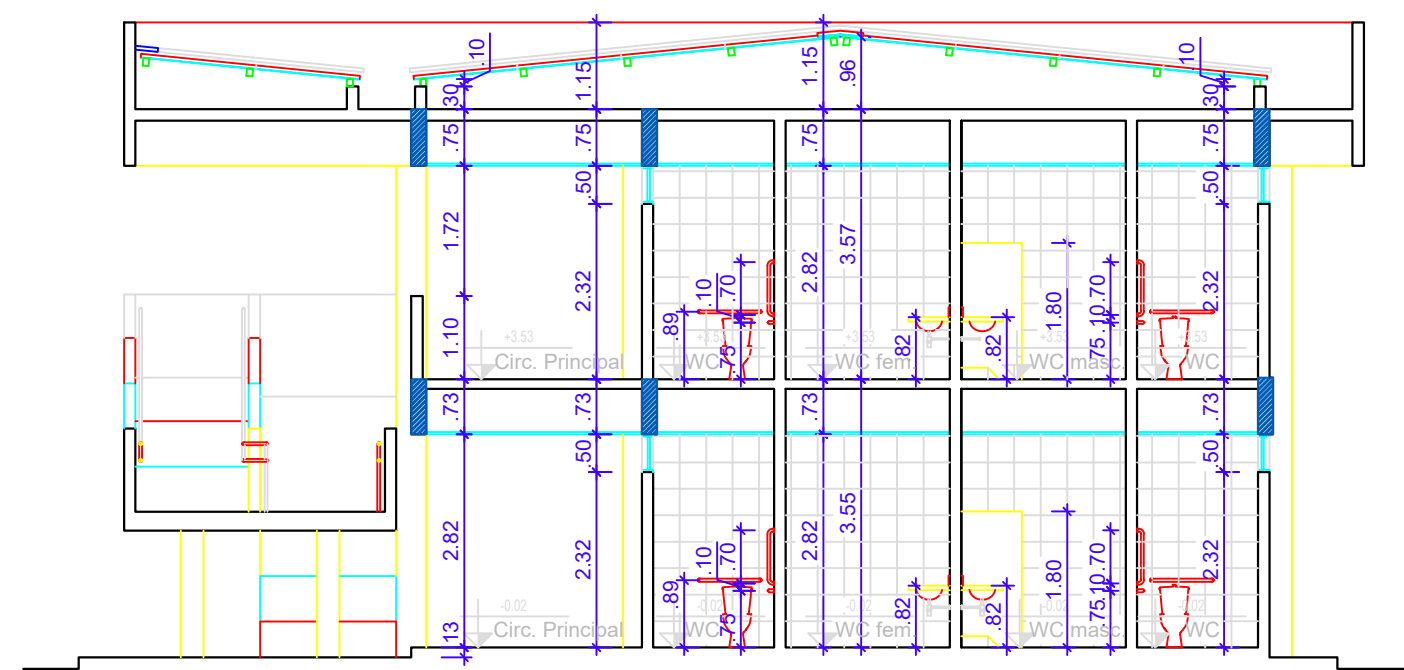
PRANCHA		PROJETO				OBSERVAÇÕES:
01/03		Construção do Bloco de Salas de Aula campus Cajazeiras				
		PROPRIETÁRIO				• Verificar todas as medidas no local • Em caso de dúvida, contactar o arquiteto ou engenheiro responsável.
		ENDEREÇO				
		Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, Cajazeiras - PB				Área Construída = 1.457,72 m² Área Coberta = 908,89 m²
						INSTITUTO FEDERAL Paraíba
						ARQUIVO
						PRIMA
						PMG



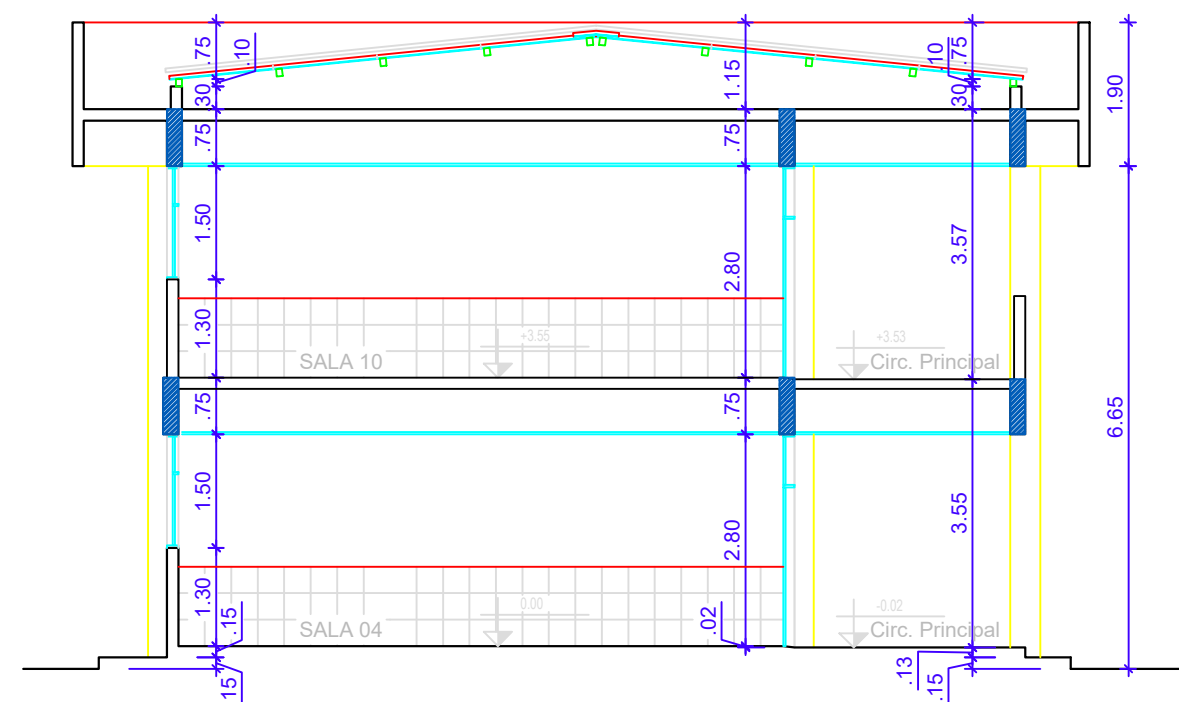
04 Planta Baixa - Superior
Escala 1/100



05 Corte AA
Escala 1/100



06 Corte BB
Escala 1/100



07 Corte CC
Escala 1/100

QUADRO DE GERAL DE ABERTURAS							
ESQ	DIMENSÕES	QUANT	ÁREAS	TIPO	MATERIAL	ACABAMENTO	OBSERVAÇÕES
	Vão da Esquadria	Vão livre	Área Útil	Área Total			
P.01	0,96 x 2,80	0,90 x 2,10	14	2,86	De gnr, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.	Alumínio e vidro laminado 6 mm, parte inferior com fechamento em lãmin ou veneziana e parte superior com vidro.	Anodizado cor natural. Vidro laminado 6 mm na cor verde.
P.02	0,96 x 2,80	0,90 x 2,10	04	2,86	De gnr, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.	Alumínio, estrutura em perfil retangular e preenchimento em lãmin ou veneziana.	Anodizado cor natural.
P.03	0,96 x 2,80	0,90 x 2,10	04	2,89	De gnr, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.	Alumínio, estrutura em perfil retangular e preenchimento em lãmin ou veneziana.	Anodizado cor natural.
P.04	0,95 x 1,50	0,90 x 1,80	06	1,42	De gnr, com 1 folha móvel e bandeira fixa. Rotação conforme desenho.	Alumínio, estrutura em perfil retangular e preenchimento em lãmin ou veneziana.	Anodizado cor natural.
J.01	2,00 x 1,20	-	50	3,00	De correr, 2 folhas móveis, bandeira móvel maxm ar.	Alumínio e vidro laminado 6 mm.	Anodizado cor natural. Vidro laminado 6 mm na cor verde.
J.02	1,50 x 0,50	-	08	0,75	Maxm-ar, 3 folhas móveis.	Alumínio e vidro laminado 6 mm.	Anodizado cor natural. Vidro laminado 6 mm na cor verde.

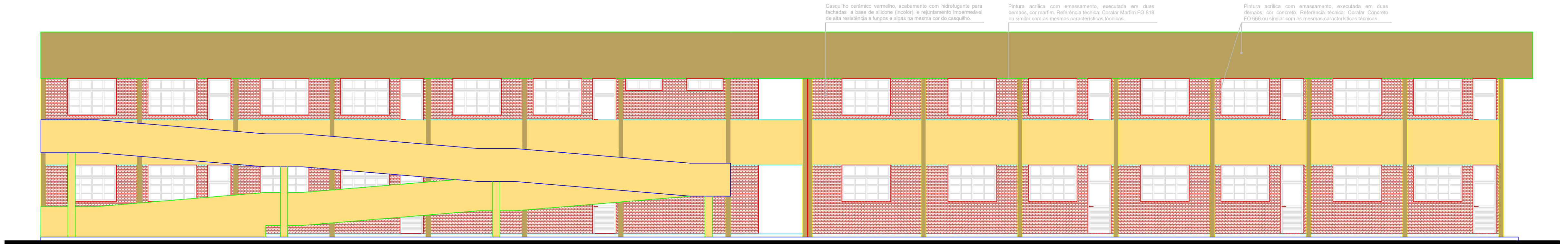
QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES	
PISO	1. Granilite polido cor natural, com espaçamento em quadradros de 1,00 x 1,00 m, separados por juntas plásticas de dilatação cor grafite. Rodapé de 6 cm de altura no mesmo material do piso, com cantos arredondados. 2. Cerâmica 34x34 cm, cor branca, PEI 4, variação de tonalidade uniforme V1. Coeficiente de atrito maior que 0,4 COF. II. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal cor branca ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento acetinado ou semi-brilho, cor branco gelo. Quarteiro ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade.
PARADE	1. Cerâmica até altura de 1,05 m e Pintura. Cerâmica 34x34 cm, PEI não aplicável, cor branca. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal cor branca. Rejunte impermeável de alta resistência a fungos e algas, cor branca. Referência técnica: Rejuntamento epoxi Quarteiro ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento acetinado ou semi-brilho, cor branco gelo. 2. Cerâmica 34x34 cm, PEI não aplicável, cor branca. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal cor branca. Rejunte impermeável de alta resistência a fungos e algas, cor branca ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Referência técnica: Rejuntamento epoxi Quarteiro ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. 3. Cascalho e pintura. Revestimento com cascalho cerâmico, (lãminas de 7x22 cm) com baixa absorção de água, na cor vermelha. Acabamento com hidroligante para fachadas à base de silicone (incolor). Rejunte flexível, fixado, cor marrom tabaco. Referência técnica: Rejuntamento flexível Quarteiro ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento fosco, cor concreto. Referência técnica: Constar 688 FO.
TETO	1. Forro de gesso com acabamento em pintura acrílica com emassamento, executada em duas demãos, cor branco neve fosco. Referência técnica: Tinta acrílica Constar 001 FO Branco Neve.
OUTROS	1. Lavatório suspenso de louça, cor branca. Referência técnica: Lavatório Deca Izy L 15.17 Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com 2 opções de acionamento (3 e 6 litros), cor branca, altura para o assento de 0,44 m. Referência técnica: Deca Linha Izy Conforto P.115 (bacia) CDC.01F (caixa acoplada). Assento de políster, na cor branca. 2. Bancada de granito verde Ubatuba espessura 20 mm, com cuba em louça, de embutir, oval 33x44 cm, cor branca. Referência técnica: Deca L37. Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com 2 opções de acionamento (3 e 6 litros), cor branca. Referência técnica: Deca Linha Izy P.111 (bacia) CD.00F (caixa acoplada). Assento com tampa de políster, na cor branca. 3. Bancada de granito verde Ubatuba espessura 20 mm, com cuba em louça, de embutir, oval 33x44 cm, cor branca. Referência técnica: Deca L37. Bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com 2 opções de acionamento (3 e 6 litros), cor branca. Referência técnica: Deca Linha Izy P.111 (bacia) CD.00F (caixa acoplada). Assento com tampa de políster, na cor branca. Mótor de louça branco com sifão integrado M.7.15 Deca, ou similar de igual qualidade e tradição no mercado.
OBSERVAÇÕES	COBERTURA: Telha ondulada 6mm, sem amonto, medindo 1,10 m de largura e comprimento 1,53 m com sobreposição mínima de 0,14 m. Referência técnica: Telha Ondulada Brasil ou similar com as mesmas características técnicas. REVESTIMENTO E PINTURA EXTERNOS • Revestimento em cascalho cerâmico (lãminas de 7x22 cm) com baixa absorção de água, na cor vermelha. Acabamento com hidroligante para fachadas à base de silicone (incolor). Rejunte flexível hidroligado, fixado, na mesma cor do cascalho. • Pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, acabamento fosco, cores conforme indicado na fachada. CORRIMÃO: Tubo redondo de aço galvanizado, diâmetro de 40 mm, acabamento em pintura com esmalte sintético, fosco, na cor preta. Referência técnica: Constar Preto FO 008, ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. No topo e no final dos corredores deve ser colocada a instalação I&L, em alto relevo a brail, identificando o pavimento. SOLERA: Devem ser colocadas soleras de granito verde Ubatuba, espessura 20 mm, em todas as portas fixadas em alvenaria, a largura deve ser de 15 cm para alvenaria de 1 vez comprimento de acordo com a largura da porta. Onde houver desnível a solera deve ser inclinada de forma a fazer a concordância entre os dois pisos. ESCADAS: Piso e espelho de granito verde Ubatuba 20mm, com rodapé do mesmo material e altura de 5 cm. Devem ser colocados, nos degraus e nos espelhos, faixas adesivas antiderrapantes 30x4mmxrespetivos com largura igual a 3 cm e comprimento igual a extensão do degrau. RAMPAS: Piso de granilite lavado cor natural, com espaçamento em quadradros de 1,00 x1,00 m, separados por juntas plásticas de dilatação cor grafite. Rodapé de 8 cm de altura no mesmo material do piso, com cantos arredondados. DIVISÓRIOS BANHEIROS: Granito preto ou verde Ubatuba espessura 20 mm e altura 1,80 m. BARRAS DE APOIO: Em aço inox AISI 304 diâmetro 40 mm (as barras de 40 cm devem ter diâmetro máximo de 35 mm). Sendo, junto à bacia sanitária, 1 barra horizontal lateral de 80 cm, 1 barra horizontal ao fundo de 80 cm e uma barra vertical lateral de 70 cm. Junto ao lavatório: 1 barra em "U" horizontal na lateral de 30 cm e 1 barra vertical lateral (junto à parede) de 40 cm. PISO TATIL ALERTA INTERNO: boracha sintética medindo 250x250x5mm, cor preta. PISO TATIL DIRECIONAL INTERNO: boracha sintética medindo 250x250x5mm, cor preta.

ASSINATURA DO PROPRIETÁRIO

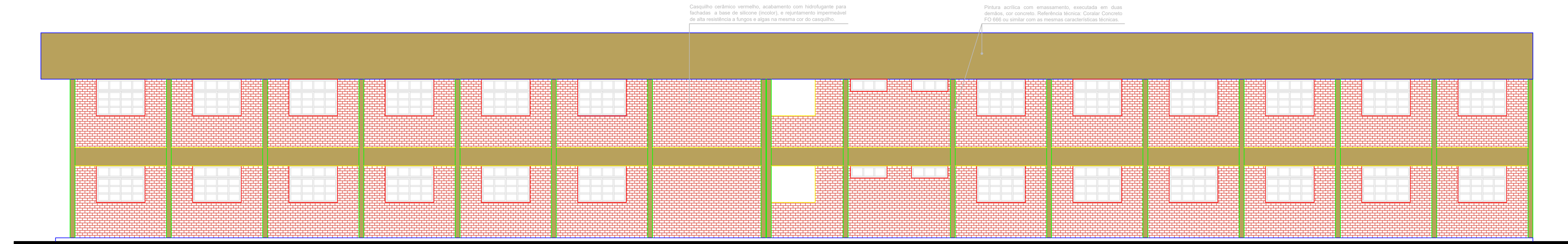
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO

ASSINATURA DO CONSTRUTOR

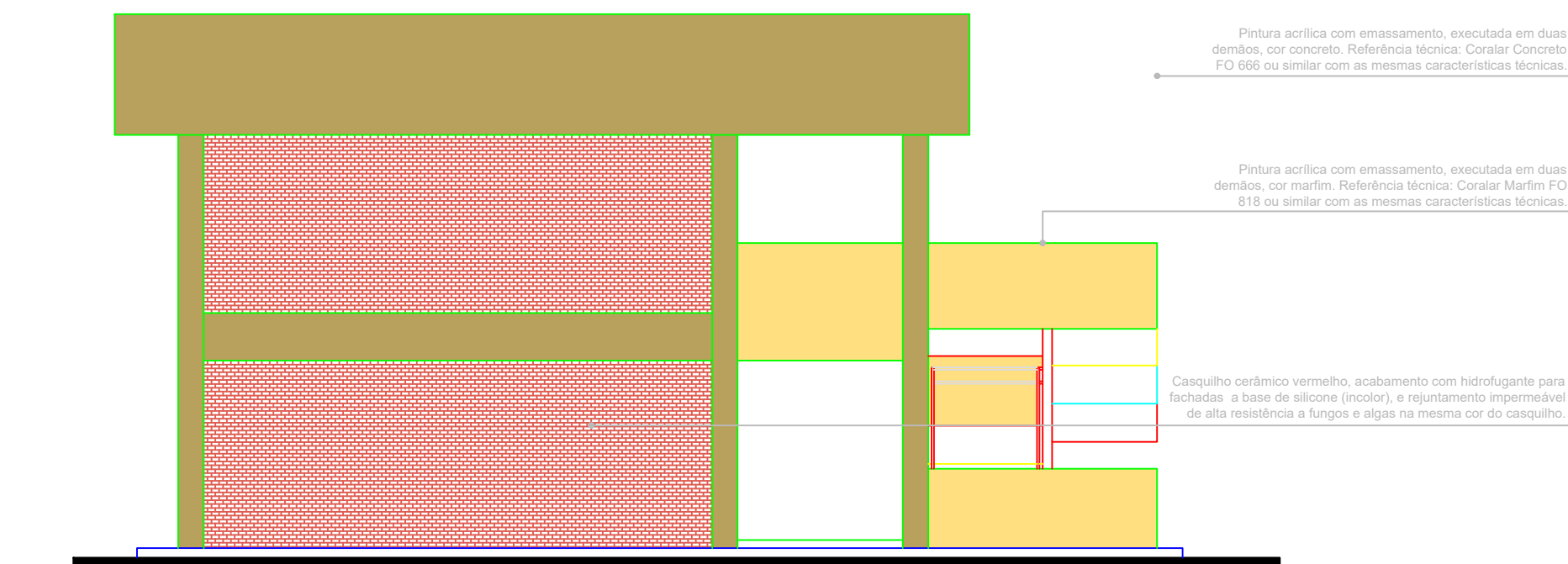
PRANCHA	02/03	PROJETO	Construção do Bloco de Salas de Aula campus Cajazeiras			
		PROPRIETÁRIO	IFPB			
		ENDEREÇO	Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, Cajazeiras - PB			
DESENHO	DATA	RESPONSÁVEL	INSC. PNC	RUBRICA	OBSERVAÇÕES:	
PROJETO	11/02/18	José Adriano Nogueira - Engenheiro			Verificar todas as medidas no local. Em caso de dúvidas, contactar o arquiteto ou engenheiro responsável.	
REVISÃO					Área Construída = 1.457,72 m²	
CÓPIA	11/02/18				Área Coberta = 908,89 m²	
ESCALA:	1/100 1/125	DESENHO:	Planta Baixa - Superior Cortes AA, BB e CC			
			ARQUIVO		PRIMA	
					PNC	



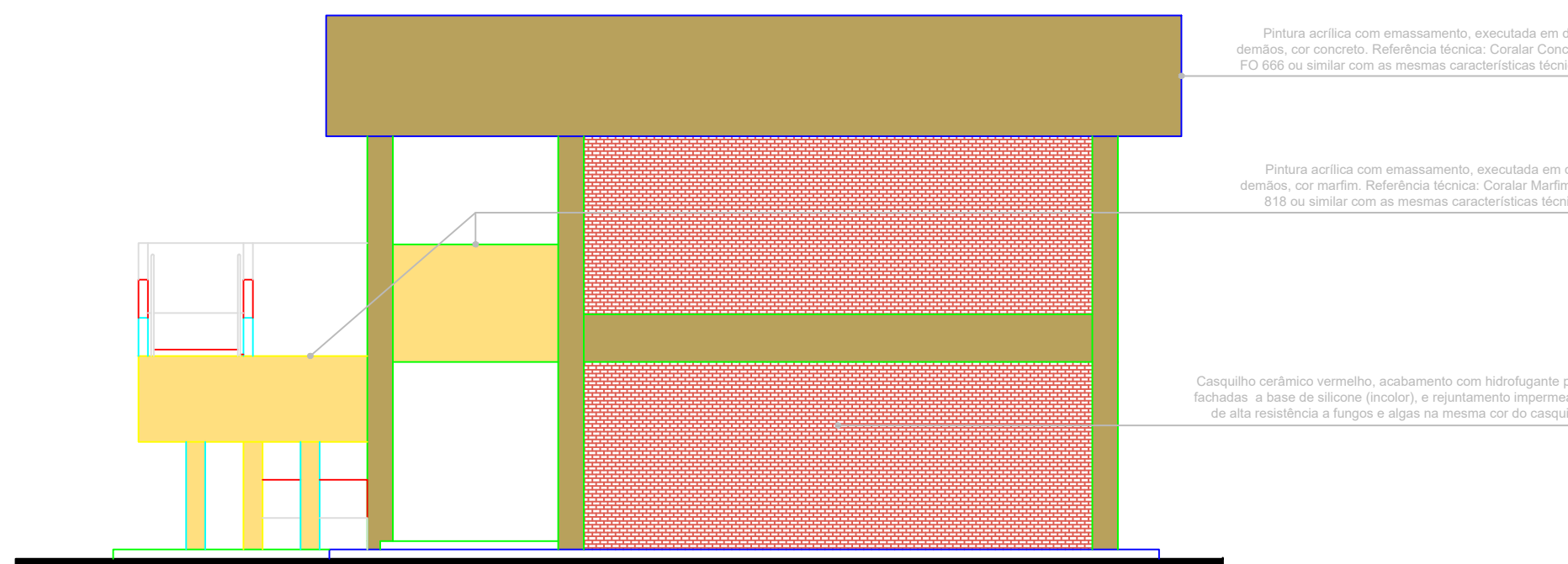
08 Fachada Noroeste
Escala 1/100



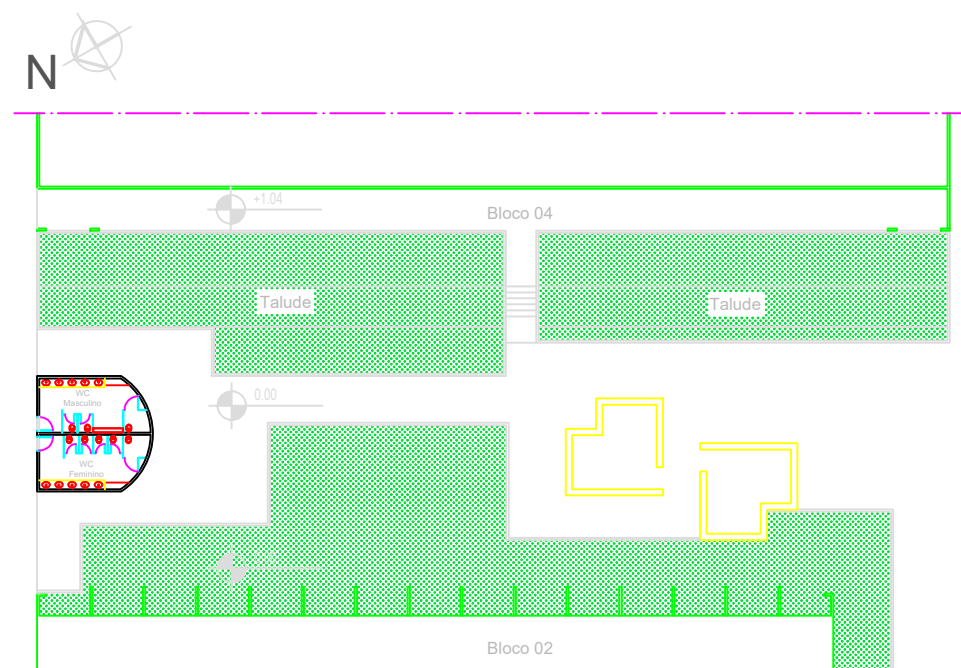
10 Fachada Sudeste
Escala 1/100



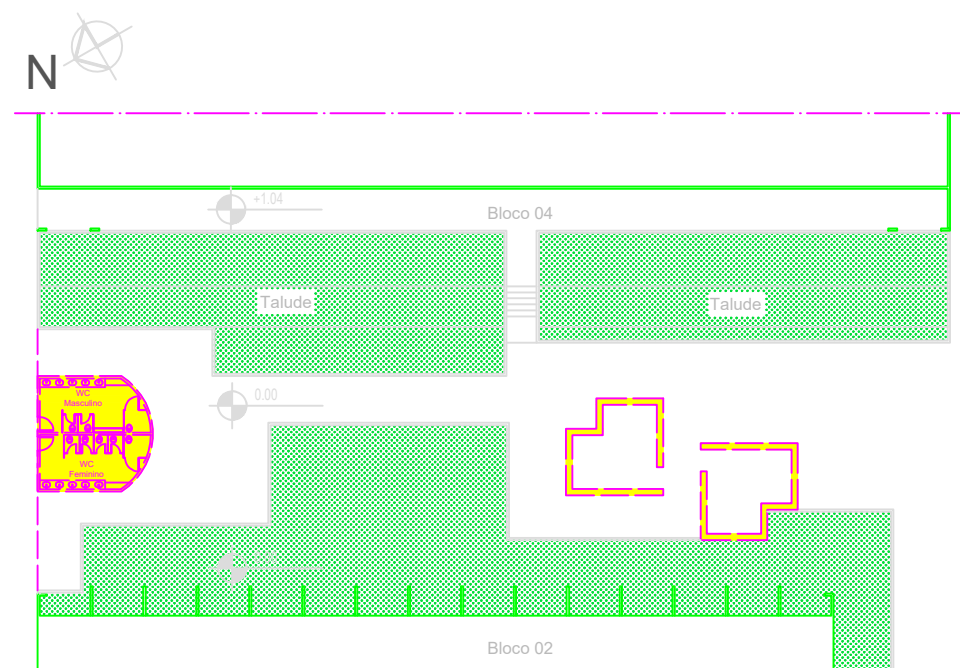
11 Fachada Nordeste
Escala 1/100



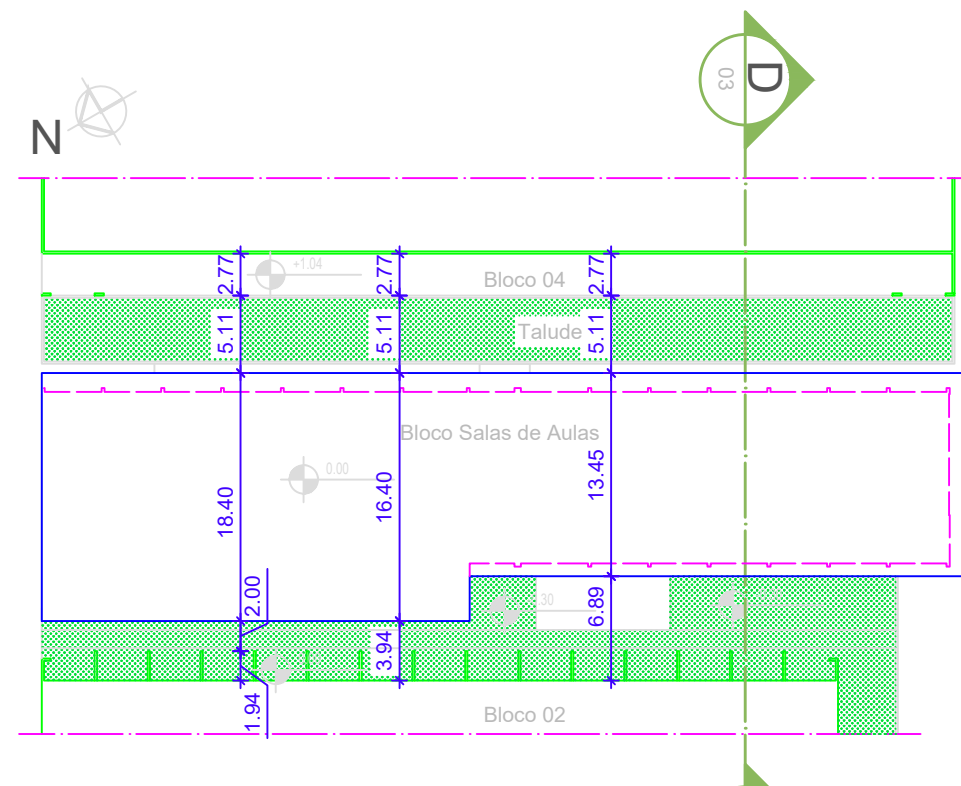
09 Fachada Sudoeste
Escala 1/100



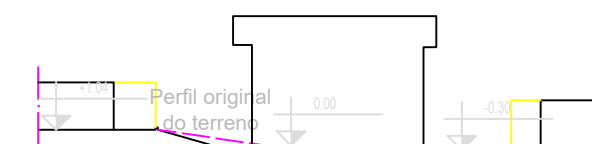
12 Planta de Situação - Atual
Escala 1/500



13 Planta de Situação - Demolição
Escala 1/500




14 Planta de Situação - Proposta
Escala 1/500



15 Corte DD Esquemático - Proposta
Escala 1/500

ASSINATURA DO PROPRIETÁRIO					
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO					
ASSINATURA DO CONSTRUTOR					
PRANCHA	03/03	PROJETO	Construção do Bloco de Salas de Aula campus Cajazeiras		
		PROPRIETÁRIO	IFPB		
		ENDEREÇO	Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, Cajazeiras - PB		
DESENHO	DATA	RESPONSÁVEL	INSC. PNC	RUBRICA	OBSERVAÇÕES
PROJETO	11/02/18	Joel Adriano Nogueira - Engenheiro			Verificar todas as medidas no local
REVISÃO					Em caso de dúvida, contactar o arquiteto ou engenheiro responsável.
CÓPIA	11/02/18				Área Construída = 1.457,72 m²
					Área Coberta = 906,89 m²
ESCALA:	1/100	DESENHO:	Fachadas Noroeste e Sudeste		
	1/100		Fachadas Nordeste e Sudoeste		
	1/500		Planta de Situação - Atual e Demolição		
	1/500		Planta de Situação Proposta		
	1/500		Corte DD Esquemático - Proposta		
			INSTITUTO FEDERAL		
			Paraíba		
			ARQUIVO		
			PRIMA		
			PNC		

**ANEXO B – PROJETO ELÉTRICO DO BLOCO DE ENGENHARIA CIVIL DO
CAMPUS CAJAZEIRAS**

PRONCHA	PROJETO Construção do Bloco de Salas de Aula campus Cajazeiras PROPRIETÁRIO IFPB ENDEREÇO Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, Cajazeiras - PB				
	01/01				
	DATA	RESPONSÁVEL	INSC. PNC	RUBRICA	OBSERVAÇÕES:
RESENHO					-Verificar todos os metidos no local - Em caso de dúvida, contactar o arquiteto ou engenheiro responsável.
PROJETO	11/2018	José Albino Nunes - Engenheiro			Área Construída = 1.457,72 m ² Área Coberta = 906,89 m ²
REVISÃO					
CÓPIA	11/2018				
ESCALA:	RESENHO Planta Baixa - Pavimento Tipo Diagrama Unifilar Diagrama Multifilar				 INSTITUTO FEDERAL Paraíba
1/75					ARQUITETO _____ PNC _____ FIRMA _____

**ANEXO C – MEMORIAL DESCRITIVO DO BLOCO DE ENGENHARIA CIVIL DO
CAMPUS CAJAZEIRAS**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
DIRETORIA DE GERENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS DE ENGENHARIA
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA**

MEMORIAL DESCRITIVO

Este Memorial Descritivo refere-se ao projeto arquitetônico básico para a construção do Bloco de Salas de Aula de Engenharia Civil no *campus* Cajazeiras. A Edificação terá área total construída de 1.457,72 m² distribuída em dois pavimentos e área coberta de 906,89 m².

O Bloco contará com os seguintes ambientes:

Térreo

- Circulação Principal – Área = 181,52 m²;
- Sala 01 – Área = 62,00 m²;
- Sala 02 – Área = 62,00 m²;
- Sala 03 – Área = 62,00 m²;
- Circulação WC's – Área = 21,30 m²;
- WC acessível feminino – Área = 3,52 m²;
- WC feminino – Área = 14,70 m²;
- WC acessível masculino – Área = 3,52 m²;
- WC masculino – Área = 14,70 m²;
- Sala 04 – Área = 62,00 m²;
- Sala 05 – Área = 62,00 m²;
- Sala 06 – Área = 62,00 m²;

Superior

- Circulação Principal – Área = 179,62 m²;
- Sala 07 – Área = 62,00 m²;
- Sala 08 – Área = 62,00 m²;
- Sala 09 – Área = 62,00 m²;
- Circulação WC's – Área = 21,30 m²;



- WC acessível feminino – Área = 3,52 m²;
- WC feminino – Área = 14,70 m²;
- WC acessível masculino – Área = 3,52 m²;
- WC masculino – Área = 14,70 m²;
- Sala 10 – Área = 62,00 m²;
- Sala 11 – Área = 62,00 m²;
- Sala 12 – Área = 62,00 m²;

O nível do terreno onde o bloco deve ser construído será rebaixado em, pelo menos, 30 cm, para que ele fique no mesmo nível da circulação de acesso existente e mais elevado em relação ao terreno imediatamente adjacente.

A edificação terá estrutura de concreto moldado *in loco* e fechamentos em alvenaria de ½ vez de tijolos de 8 furos, também serão utilizadas divisórias de granito verde Ubatuba, nos WC's. O piso será de granilite acabamento polido, exceto na rampa onde o acabamento será lavado; nos WC's o piso será de cerâmica 34x34 cm e revestimento. O revestimento das Salas, Coordenações, escada e Circulação WC's será de cerâmica, até a altura de 1,05 m a partir do piso, e pintura acrílica acima dessa altura; nos WC's o revestimento será de cerâmica 34x34 cm do piso até o forro; na circulação principal o revestimento será de casquilho na parede junto as salas e acabamento em pintura acrílica nos pilares e no guarda-corpo de alvenaria; O forro será de gesso com acabamento em pintura acrílica. A coberta será de telhas de fibrocimento 6 mm sobre estrutura de alvenaria e madeira. O acabamento externo será feito com casquilho cerâmico e pintura acrílica.

1. MATERIAIS E ACABAMENTOS

1.1 MOVIMENTO DE TERRA

A fim de garantir a acessibilidade entre a circulação existente e o novo bloco, será necessário o rebaixamento do terreno no local onde ele será construído, em, pelo menos, 30 cm. Para fazer a concordância entre a área rebaixada e o terreno adjacente junto ao bloco 02 será necessária a criação de um pequeno talude. Junto ao bloco 01 já existe um talude, que precisará ser remanejado, a fim de acomodar a

nova edificação adequadamente (ver prancha 02/05 Projeto: Bloco de Salas de aula e Laboratórios de Engenharia Civil).



1.2 FUNDAÇÕES E ESTRUTURA

As fundações deverão ser definidas pelo projeto estrutural. A edificação terá estrutura de concreto armado moldado *in loco*.

O projeto estrutural deverá observar os locais indicados para as juntas de dilatação, assim como os locais e o pré-dimensionamento dos pilares e vigas de modo a não alterar o projeto arquitetônico e inviabilizar a utilização dos ambientes conforme previsto no layout proposto.

1.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS

As instalações elétricas e telefônicas devem ser embutidas e utilizar eletrodutos de PVC rígido, caixas 4"x2" (quatro polegadas por duas polegadas) e 4"x4" (quatro polegadas por quatro polegadas) com placa na cor branca, devem ser observados os requisitos técnicos dos equipamentos previstos para o local conforme projeto arquitetônico.

Nos WC's acessíveis deve ser instalado dispositivo para acionamento de alarme sonoro de emergência conforme indicado.

Devem ser utilizadas lâmpadas econômicas em todo o bloco e sensores de presença nos WC's. Demais especificações de acordo com o projeto elétrico.

1.4 DRENAGEM

Será necessário fazer a drenagem do terreno do entorno do Bloco, tendo em vista a necessidade de rebaixamento o que deixará as áreas dos blocos 02 e 04 mais altas, sendo necessária a captação de água pluvial neste ponto.

1.5 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Nos WC's acessíveis PCR, deve ser rigorosamente respeitada a localização e especificação dos aparelhos sanitários, tendo em vista que o mesmo foi

dimensionado para atender os critérios de acessibilidade estabelecidos pela norma da ABNT NBR 9050:2015.

De mais especificações de acordo com o projeto hidrossanitário.

1.1. AR CONDICIONADO

Deve-se prever a instalação de aparelhos de ar condicionado tipo *split* em todos os ambientes, exceto WC's, os condensadores devem ser colocados na cobertura.

1.2. ALVENARIA E VEDAÇÕES

As paredes serão de alvenaria de ½ vez, de tijolos cerâmicos de 8 furos, também serão utilizados na vedação da rampa, nas fachadas sudoeste e nordeste.

1.3. COBERTURA

A cobertura será de telhas de fibrocimento, sem amianto, tipo ondulada de 6 mm com inclinação de 10% sobre estrutura de alvenaria e madeira.

1.4. IMPERMEABILIZAÇÃO

As fundações devem receber impermeabilização com uma demão de tinta asfáltica. Referência técnica: Neutrol, Vedacit, ou similar com as mesmas características técnicas.

Nas calhas deve ser utilizado manta plástico-asfáltica com espessura de 4 mm, impermeável, as emendas devem ser soldadas a quente. Nas áreas molhadas banheiros e circulação, deve ser utilizado aditivo impermeabilizante na camada de regularização do piso.

Deve ser utilizado aditivo impermeabilizante na camada de regularização do piso no entorno do boço dos WC's.



1.10. ESQUADRIAS

Serão utilizadas portas de giro de alumínio anodizado (WC's) e alumínio anodizado com vidro laminado verde 6 mm, cor natural, estrutura em perfil retangular e preenchimento em lambri ou veneziana, sistema de esquadrias Inova Alcoa ou similar com as mesmas características técnicas.

As janelas serão de correr com bandeira do tipo maxim-ar, de alumínio anodizado, cor natural, executada de acordo com o sistema de esquadrias da Alcoa ou similar com as mesmas características técnicas, com vidro laminado verde de 6 mm, inclusive contramarco, fecho central e acessórios.

1.11. REVESTIMENTO

1.11.1. Chapisco

Será utilizado chapisco em todas as paredes de tijolos interna e externamente, a fim de dar aderência para a aplicação do emboço ou do reboco, o traço recomendado é de 1:3 de cimento e areia.

1.11.2. Emboço

Será utilizado emboço nas áreas internas onde o revestimento da parede for de cerâmica e nas fechadas onde for usado o casquilho. Nas áreas externas deve ser utilizado o tipo hidrofugado, o traço recomendado é 1:2:9 de cimento cal e areia.

1.11.3. Reboco

Será utilizado reboco em massa única, nas áreas internas e externas onde o acabamento for pintura, o traço recomendado é 1:2:9 de cimento cal e areia. Nas áreas externas deve ser utilizado o reboco hidrofugado.

1.11.4. Cerâmica

Nos WC's, será utilizado revestimento interno em cerâmica 34x34 cm, PEI não espolável, cor branca, com acabamento até o forro. Referência técnica: Elizabeth Cristal ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Rejuntamento impermeável de alta resistência a algas e fungos na cor branca. Referência técnica: Rejuntamento epóxi Quartzolit ou similar com as mesmas

características técnicas e de tonalidade. A mesma cerâmica será utilizada nos demais ambientes até a altura de 1,05 m a partir do piso, com exceção da Circulação Principal.

Nas fachadas será utilizado casquilho cerâmico vermelho, o acabamento será com hidrofugante para fachadas à base de silicone (incolor) e rejuntamento impermeável de alta resistência a algas e fungos, na mesma cor do casquilho.

1.2. PISO E PAVIMENTAÇÃO

A pavimentação das áreas externas será, nas calçadas, de concreto com juntas secas a cada 1,00 m.

Nos WC's o piso será de cerâmica 34x34 cm, cor branca, PEI 4, variação de tonalidade uniforme M1, Coeficiente de atrito COF II. Referência técnica: Elizabeth linha Cristal ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade. Rejunte impermeável de alta resistência a fungos e algas, cor branca. Referência técnica: Rejuntamento epóxi Quartzolit, ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade.

Nas escadas o piso e o espelho serão de granito verde Ubatuba 20 mm, com rodapé do mesmo material e altura de 5 cm. Devem ser colocadas, nos degraus e nos espelhos, faixas adesivas antiderrapantes fotoluminescentes com largura igual a 3 cm e comprimento igual a extensão do degrau.

Na rampa, o piso será de granilite lavado, sem polimento, cor natural, com juntas plásticas espaçadas em quadrados de 1,00 x 1,00 m, rodapé do mesmo material com altura de 8 cm,

Em demais ambientes o piso será de granilite polido, cor natural, com juntas plásticas formando quadrados de 1,00x1,00 m, rodapé de 8 cm de altura e cantos arredondados.

Será utilizada soleira de granito verde Ubatuba, espessura de 20 mm e com a mesma largura da parede, em todas as portas fixadas em alvenaria de tijolos. Onde houver desnível a soleira deve ser inclinada de forma a fazer a concordância entre os dois pisos.

Na circulação será utilizado o piso tátil direcional e alerta de borracha sintética, de sobrepos, fixado com cola PU sobre o piso do ambiente, conforme indicado no projeto. Cor preta, medindo 250x250x5 mm,



1. PORTA

O erro será de gesso em placas, acabamento em pintura acrílica, cor branco neve fosco.

1. VIDROS

Nas esquadrias de alumínio utilizar vidro laminado verde com espessura mínima de 10 mm.

1. PINTURA

As paredes internas receberão acabamento em pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, cor branco gelo, conforme indicação do projeto, acabamento acetinado ou semi-brilho.

As paredes externas devem receber pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, cor Marfim ou concreto, conforme indicado no projeto (ver planilha 03/03). Referência técnica: Tinta acrílica Coralair Marfim FO 818 ou Concreto FO 666 ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade.

O teto receberá pintura acrílica, com emassamento, executada em duas demãos, cor branco neve, fosco, referência técnica: Tinta acrílica Coralair 001 FO Branco Neve.

O ferrimão de aço galvanizado da rampa e da escada devem receber acabamento em pintura com esmalte sintético, executada em duas demãos e uma demão de fundo para galvanizados, na cor preto fosco, referência técnica: Esmalte sintético Coralair 008 FO (preto) ou similar com as mesmas características técnicas e de tonalidade.

1. ACESSÓRIOS

1.1. Louças e metais sanitários

Nas WC's será utilizada bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com duas opções de acionamento (3 e 6 litros), permitindo o

consumo racional de água, cor branca, Referência técnica: Deca Linha Izy P.111 (bacia) CDC.01F (caixa acoplada) ou similar com as mesmas características técnicas. Assento e tampa de poliéster na cor branca, nos WC's acessíveis será utilizada bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, sistema de descarga com duas opções de funcionamento (3 e 6 litros), cor branca, altura para o assento de 0,44 m. Referência técnica: Deca Linha Izy Conforto P.115 (bacia) CDC.01F (caixa acoplada) ou similar com as mesmas características técnicas. Assento de poliéster, na cor branca, altura máxima de 2 cm.

São utilizadas cubas em louça de embutir, oval 33x44 cm, cor branca, referência técnica: Deca L37 ou similar com as mesmas características técnicas. Nos WC's acessíveis será utilizado lavatório pequeno (395x295 mm), suspenso, de louça, cor branca. Referência técnica: Lavatório Deca Linha Izy L.15 ou similar com as mesmas características técnicas.

Os sifões são de louça branco com sifão integrado. Referência técnica: Mistório com sifão integrado M.715 Deca, ou similar de igual qualidade e tradição no mercado.

Todas as torneiras (de bancada ou de parede, conforme projeto) dos lavatórios serão da marca Deca, linha Decamatic, ou outra similar de igual qualidade e tradição no mercado. Nos WC's acessíveis deve ser utilizada torneira do tipo alavanca ou com mecanismo automático de fechamento. É obrigatório o uso de modelo que permitam a substituição do reparo interno da torneira para o caso de futuras manutenções.

1.2. Corrimãos e barras de apoio

Nos WC's acessíveis devem ser utilizadas barras de aço inox polido com comprimento de 40 cm diâmetro 35 mm e de 70 e 80 cm e diâmetro de 40 mm de espessura, distantes das paredes, no mínimo, 40 mm, e barra em "U" de 30cm de comprimento e espessura de 40 mm, conforme indicação do projeto, sendo distribuídas da seguinte forma: junto à bacia sanitária: 1 barra horizontal lateral de 80 cm, 1 barra horizontal ao fundo de 80 cm e uma barra vertical lateral de 70 cm, junto ao lavatório: 1 barra em "U" horizontal na lateral de 30 cm e 1 barra vertical lateral (junto à parede) de 40 cm. Também deve ser instalada barra de apoio de 40 cm de comprimento de espessura, com altura de 90 cm do piso ao seu eixo no lado interno das portas dos WC's acessíveis.